Mexico. Instituto geológico.
Boletín, no. 18-19.
1919.



[Se]cretaría de Industria, Comercio y Trabajo.—Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos

Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ingeniero L. SALAZAR SALINAS

BOLETIN
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

NUMERO 18

DESCRIPCION HISTORICA DE LA RED SEISMOLOGICA NACIONAL

POR

MANUEL MUÑOZ LUMBIER



MEXICO
PODER EJECUTIVO FEDERAL

DEPARTAMENTO DE APROVISIONAMIENTOS GENERALES.—DIRECCION DE TALLERES GRAFICOS
PRIMERA CALLE DE FILOMENO MATA NÚM. 8

1919

Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo.—Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos

Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ingeniero L. SALAZAR SALINAS

BOLETIN
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO



NUMERO 18

DESCRIPCION HISTORICA DE LA RED SEISMOLOGICA NACIONAL

POR

MANUEL MUÑOZ LUMBIER

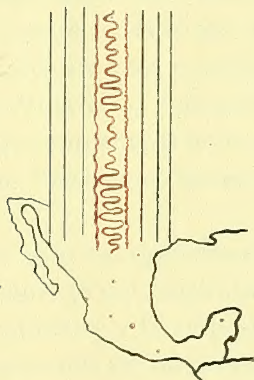


MEXICO
PODER EJECUTIVO FEDERAL

DEPARTAMENTO DE APROVISIONAMIENTOS GENERALES.—DIRECCION DE TALLERES GRAFICOS
Primera Calle de Filomeno Mata Núm. 8

1919

LA RED SEISMOLOGICA NACIONAL



DOS PALABRAS

Circunstancias especiales me habían hecho formar el propósito de no dedicarme más a la Seismología, tanto más que no dependiendo la Red Seismológica Nacional del Instituto Geológico, de cuyo personal tengo el honor de formar parte, no estoy en aptitud de tener nuevas observaciones para continuar esos estudios. Pero el señor Director del Instituto Geológico, comprendiendo que después de haberse hecho y publicado varios trabajos sobre temblores de tierra, debían continuarse, tuvo a bien comisionarme para que en combinación con el Departamento de Estudios Geográficos y Climatológicos, prosiguiera trabajando en dichos asuntos.

Ciertamente que en la actualidad no contamos con buenos elementos, pues algunas de las Estaciones que forman la Red Seismológica Nacional han quedado fuera del servicio, debido principalmente a los trastornos que últimamente sufrió el país. Los esfuerzos tienden actualmente a reinstalar estas Estaciones, y aun a crear algunas nuevas, para completar poco a poco nuestra Red.

Aun cuando México no cuenta todavía con seismólogos de fama, sí tiene personas que con gusto y éxito cultivan estos estudios, y creo deber mencionar en primer término al Sr. Ing. Juan Villarello, y después a los Sres. Heriberto Camacho y Francisco Patiño Ordaz, mis compañeros de trabajo durante varios años; a don Manuel Miranda Marrón, a los Presbíteros Severo Díaz y José M. Arreola, y algunos otros menos conocidos.

Estos datos debían haber sido consignados en el trabajo. La Seismología en México hásta 1917, Boletín núm. 36 del Instituto Geológico, pero debido a la premura con que se formó ese estudio y a la imposibilidad de hacerse en esa época publicaciones voluminosas, se acordó retirarlos para formar con ellos otro Boletín. Para la explicación de los instrumentos me he visto obligado a repetir algunos grabados de los que figuran en el mencionado Boletín núm. 36.

Como el Boletín 18 no llegó a publicarse, se acordó dar a esta Memoria ese número, razón por la cual se publica con número de orden atrasado.

Presento en este trabajo la descripción de la Red Seismológica y de los instrumentos que usamos en México, así como algunas ideas sobre asuntos de seismología y la relación que puedan tener con otros fenómenos geológicos, con el fin de divulgar esta rama de la geología, importante bajo todo punto de vista en nuestro país.

MANUEL MUÑOZ LUMBIER.

CONTENIDO

I

LA RED SEISMOLOGICA NACIONAL

El Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos aceptó que nuestro país formara parte de la Asociación Internacional de Seismología, y aprobó el proyecto siguiente, presentado por el Director del Instituto Geológico, Sr. Ingeniero José G. Aguilera, el año de 1909.

«1º—Se establece en México, como dependencia del Instituto Geológico, una Red Seismológica para el estudio de los temblores cercanos o locales (macro y microseismos) de los temblores lejanos o teleseismos, de los temblores submarinos palasoseismos y de los bradyseismos o movimientos seculares, comprendiendo movimientos de las líneas de ribera, etc.

2º—La Red Seismológica Mexicana se compondrá de una Estación Central, Estaciones de Primer Orden para el estudio de los microseismos cercanos, lejanos y mundiales, y Estaciones de Segundo Orden para el registro de los temblores cercanos, tanto macro como microseismos.

3º—Un número de observadores corresponsales nombrados por el Director del Instituto Geológico, encargados de trasmitir a la Estación Central datos relativos a los temblores sentidos en su localidad, tales como intensidad, dirección, momento en que se siente el temblor, estragos o perjuicios causados, etc.

La Estación Central se establecerá en la Capital de la República, y en ella se recogerán, discutirán y catalogarán todos los seismogramas enviados por las Estaciones de la Red Seismológica Mexicana para remitirlos a la Estación Central Internacional de Estrasburgo; se hará el estudio de los seismos cercanos y lejanos registrados por los seismógrafos de la Red Seismológica; se compilarán y discutirán para completar el estudio sobre cada temblor, las descripciones, noticias y datos transmitidos por los observadores corresponsales.

Para que la Estación Central pueda llenar satisfactoriamente su misión, debe estar dotada de aparatos registradores de diversa sensibilidad, de manera que sean registrados los temblores y movimientos del suelo, sea cual fuere su naturaleza, desde microseismos hasta megaseismos, engo o teleseismos, bradyseismos y pseudoseismos.

Las Estaciones de Primer Orden están destinadas al estudio de los microseismos, preferentemente los teleseismos, pero se comprende que los aparatos sensibles que deben instalarse en dichas Estaciones registrarán los microseismos cercanos del país.

Deberán repartirse de manera que abracen todo el territorio del país y sirvan para recibir las ondas séismicas procedentes de todos los puntos de la tierra; estas

Estaciones se establecerán en Mérida, Zacatecas, Guaymas, Ciudad Juárez o Chihuahua.

Las Estaciones de Segundo Orden están destinadas a registrar los seismos cercanos, tanto macro como microseismos, y deberán establecerse en los lugares del país que tengan las condiciones más ventajosas por su proximidad a los epifocos ya conocidos, a las sierras de la cadena o sistema de montañas mexicanas, a los centros o regiones volcánicas en las montañas y llanuras y a distintas alturas sobre el nivel del mar, de manera que se pueda conocer la influencia de la topografía, la tectónica y la geología de cada localidad.

Los corresponsales del Servicio Seismológico, deberán sujetarse a llenar los cuestionarios que para el objeto prepare el Instituto Geológico y repartirá en cantidad proporcionada a la actividad séismica de las distintas regiones del país.

Así organizada la Red Seismológica Mexicana quedará bastante bien repartida y completa y en condiciones de registrar toda vibración del suelo nacional, no importa el lugar en que se encuentre su epifoco, y el país quedará dotado de una Red tan completa, como puede serlo la italiana.

Siendo de urgencia el emprender los estudios seismológicos para contribuir a los trabajos de la Asociación Internacional de Seismología, se debe comenzar con una Red poco numerosa, compuesta de la Estación Central, dos o tres Estaciones de Primer Orden y cinco de Segundo. Tendremos así una pequeña Red que abrace la región de mayor seismicidad del país, compuesta de Estaciones de Primera destinadas al estudio de los temblores mundiales, y Estaciones de Segundo Orden destinadas al estudio de los temblores locales o cercanos; todas contribuirán al estudio de la seismicidad de la Tierra, pero las de Segundo Orden proporcionarán datos exclusivos de la seismicidad del país».

Invitaciones para la inauguración del Servicio Seismológico

Un sello con el escudo nacional.

El Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización e Industria, tiene el honor de invitar a Ud. a la inauguración del Servicio Seismológico Nacional que tendrá lugar el día 5 de septiembre próximo, a las 9 30 a. m., en el local de la Estación Seismológica Central, en el Observatorio de Tacubaya, conforme al programa adjunto.—México, agosto de 1910.

NOTA: Los trenes especiales que conducirán a los invitados, saldran a las 9 a. m. del frente del Palacio Nacional.

Programa de la inauguración del Servicio Seismológico Nacional

I.—Obertura.

II.—Conferencia sobre Seismología, leída por el Sr. Ingeniero Teodoro Flores. [1]

III.—Pieza de música.

IV.—Reseña acerca del Establecimiento del Servicio Seismológico, por el Secretario del Instituto Geológico. [2]

V.—Inauguración de la Estación Central y de las de Segundo Orden, que forman actualmente la Red Seismológica Nacional, que hará el Sr. Ingeniero D. Andrés Aldasoro, Subsecretario de Fomento, en representación del señor Presidente de la República.

VI.—Himno Nacional.

1, 2. Véase Bol. 36 del Instituto Geológico.

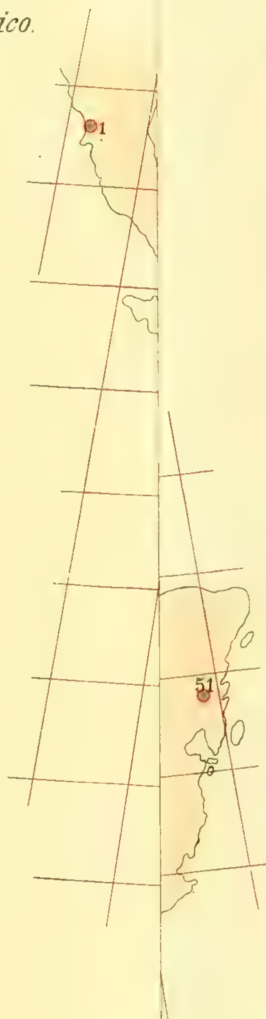
Estación Central en México.

Estación de primera en:

I *Guaymas, Son.*
II *Chihuahua.*
III *Piedras Negras*
IV *Zacatecas*
V *Mérida, Yuc.*
VI *Oaxaca.*

Estación de Segunda en

1 *Ensenada, B.C.*
2 *Sta. Rosalía, B.C.*
3 *La Paz, B.C.*
4 *Altar, Sonora.*
5 *Moctezuma, Son.*
6 *Alamos, Son.*
7 *Ciudad Juarez, Chih.*
8 *Casas Grandes, Chih.*
9 *Parral, Chih.*
10 *Monclova, Coah.*
11 *Monterrey, N.L.*
12 *Doctor Arroyo, N.L.*
13 *Matamoros, Tam.*
14 *Ciudad Victoria, Tam.*
15 *Tampico, Tam.*
16 *Culiacán, Sin.*
17 *Mazatlán, Sin.*
18 *Inde, Dgo.*
19 *Durango.*
20 *Gómez Palacio, Dgo.*
21 *Mazapil, Zac.*
22 *Catorce, S.L.P.*



Estación de segúnda en:
(Continuación)

23 *San Luis Potosí.*
24 *Rio Verde, S.L.P.*
25 *Isla Sta. María*
26 *Tepic.*
27 *León, Gto*
28 *Guanajuato.*
29 *Valle de Santiago. Gto.*
30 *Guadalajara, Jal.*
31 *Mascota, Jal.*
32 *Ciudad Guzmán, Jal.*
33 *Colima.*
34 *Morelia.*
35 *Huetamo, Mich.*
36 *Toluca, Mex.*
37 *Pachuca, Hgo.*
38 *Puebla.*
39 *Chalchicomula, Pue.*
40 *Jalapa, Ver.*
41 *Veracruz.*
42 *Orizaba, Ver*
43 *San Juan Bautisa Tab.*
44 *Chilpancingo, Gro.*
45 *Acapulco, Gro.*
46 *Huajuapam, Oax.*
47 *Jamiltepec, Oax.*
48 *Salina Cruz, Oax.*
49 *Tuxtla Gutíerrez, Chia.*
50 *San Cristobal las Casas, Chia.*
51 *Santa Cruz de Bravo, Q.R.*
52 *Tapachula, Chia.*

RED SEISMOLOGICA NACIONAL.

◉ *Estación Central en México.*

● *Estación de primera en:*

I *Guaymas, Son.*
II *Chihuahua.*
III *Piedras Negras*
IV *Zacatecas*
V *Mérida, Yuc.*
VI *Oaxaca.*

• *Estación de Segunda en*

1 *Ensenada, B.C.*
2 *Sta Rosalía, B C*
3 *La Paz, B.C.*
4 *Altar, Sonora*
5 *Moctezuma, Son.*
6 *Alamos, Son*
7 *Ciudad Juarez, Chih*
8 *Casas Grandes, Chih*
9 *Parral, Chih.*
10 *Monclova, Coah*
11 *Monterrey, N.L.*
12 *Doctor Arroyo, N.L.*
13 *Matamoros, Tam*
14 *Ciudad Victoria, Tam.*
15 *Tampico, Tam.*
16 *Culiacán, Sin*
17 *Mazatlán, Sin*
18 *Inde, Dgo.*
19 *Durango.*
20 *Gómez Palacio, Dgo*
21 *Mazapil, Zac.*
22 *Catorce, S.L.P.*



Estación de segúnda en
• *(Continuación)*

23 *San Luis Potosí.*
24 *Rio Verde, S.L.P*
25 *Isla Sta. María*
26 *Tepic.*
27 *León, Gto*
28 *Guanajuato*
29 *Valle de Santiago, Gto*
30 *Guadalajara, Jal*
31 *Mascota, Jal*
32 *Ciudad Guzmán, Jal*
33 *Colima.*
34 *Morelia*
35 *Huetamo, Mich*
36 *Toluca, Mex*
37 *Pachuca, Hgo.*
38 *Puebla.*
39 *Chalchicomula, Pue*
40 *Jalapa, Ver.*
41 *Veracruz.*
42 *Orizaba, Ver*
43 *San Juan Bautista Tab*
44 *Chilpancingo, Gro.*
45 *Acapulco, Gro*
46 *Huajuapam, Oax*
47 *Jamiltepec, Oax.*
48 *Salina Cruz, Oax*
49 *Tuxtla Gutiérrez, Chia*
50 *San Cristobal las Casas, Chia.*
51 *Santa Cruz de Bravo, Q.R.*
52 *Tapachula, Chia.*

La Estación Seismológica Central

La Estación construída por el Instituto Geológico en terrenos del jardín del Observatorio Astronómico, ubicado en Tacubaya, reune las condiciones exigidas por la Asociación Internacional de Seismología para esta clase de edificios.

Así pues, fué preciso impedir los movimientos casuales de la corteza terrestre ocasionados por el tráfico de carros, trenes, el sacudimiento del edificio por las tempestades, etc., la luz del día fué amortiguada en los pabellones de los aparatos de registro mecánico y excluída totalmente en la pieza destinada a los seismógrafos de registro fotográfico. En el interior de los pabellones no hay movimientos del aire y la temperatura y la humedad han llegado a regularizarse. Respecto al alejamiento de las grandes vías de comunicación, diremos que el tráfico caso no existe cerca de la Estación Central, pues sólo a cerca de 400 metros se halla la vía del ferrocarril a Cuernavaca.

Para excluir el edificio de las influencias exteriores, se cubrieron los pabellones con un abrigo y se construyó bajo el nivel del suelo tanto cuanto fué necesario para regularizar la temperatura.

Entre la construcción interior y la protectora hay un pasillo, y en él se encuentra la escalera que da acceso al interior. Los postes o cimientos en que los seismógrafos se instalaron están construídos de cemento y piedra y sentados a regular profundidad bajo el nivel del piso de la construcción interior. (Veáse Bol. 36 del Inst. Geol.)

La construcción de las diferentes partes del edificio es muy sencilla, pues todas las paredes están hechas de cemento armado y cubiertas por un aplanado de cal hidráulica pintada de aceite, de color blanco. El techo se compone de viguetas de fierro con betón de grava y cemento entre ellas. La superficie del techo está cubierta de un aplanado de cemento para su protección contra la acumulación del agua de condensación. El piso de la parte interior es de duela americana, encerada. Las paredes de la construcción interior tienen grandes ventanas corridas hasta el piso, y la parte baja de éstas forma una ventila con tela de acero. El departamento interior sólo es accesible por una puerta situada en la parte opuesta de la de entrada al pasillo, formada por las dos construcciones, exterior e interior. La construcción exterior tiene ventanas cuya parte superior es giratoria, con el objeto de poder dar entrada al aire tanto como sea necesario.

Como la construcción protectora no debía estar en conexión con la interior, todo el espacio tuvo que cubrirse con un techo sin apoyos intermedios, y para proteger la construcción interior también hacia arriba contra las influencias de la temperatura de la intemperie, esta cubierta recibió un terraplén y un techo. Entre estos dos se dejó una capa de aire.

La situación geográfica de la Estación Central, es: 19°24′18″ lat. Norte, y 99°11′37″ W. de Greenwich. Su altura sobre el nivel del mar, 2,268 metros.

La Estación comprende dos pabellones y la Oficina. Está dotada de los siguientes instrumentos destinados al estudio de los teleseismos: un gran seismógrafo astático horizontal de Wiechert, de 17,000 kilogramos de masa, modelo del cual sólo existe otro en la Estación de Estrasburgo, y que ya describiremos, como los subsecuentes, en otra parte de este trabajo. El instalado en la Estación de Estrasburgo registra los nortes del canal de la Mancha y el de Tacubaya los que azotan las pla-

yas de nuestro territorio en ambos mares. Un seismógrafo astático horizontal Wiechert, de 1,200 kilogramos; 2 péndulos horizontales de Bosch, de 200 gramos, de registro fotográfico; un vertical Wiechert de 1,300 kilogramos y un gravímetro trifilar de Schmitd; para el estudio de los engoseismos, un horizontal Wiechert de 200 kilogramos y uno de 125, un vertical Wiechert de 80 kilogramos y dos péndulos horizontales Bosch-Omori de 10 kilogramos de masa. Para la carga de acumuladores que se emplean en el registro del tiempo de los instrumentos, cuenta la Estación con una instalación moderna y apropiada, hecha por la casa Siemens-Schuckertwerke, y que costó $ 1,400. En cada pabellón hay meteorógrafos Richard.

Fueron elegidos los seismógrafos Wiechert para la Red Seismológica Mexicana, por la ventaja que trae la uniformidad de los instrumentos, por su solidez y facilidad para manejarlos, por ser de registro mecánico, por existir en la fábrica suficiente número de ellos y por venderse allí las piezas de refacción para reemplazar las que puedan sufrir algún deterioro, y finalmente, por ser el seismógrafo Wiechert uno de los mejores, si no el mejor que existe en la actualidad, pues aunque el péndulo de Reveur-Pastwich es tan sensible como el Wiechert, tiene el inconveniente para nuestro país de ser de registro fotográfico, que es más caro, más difícil de manejar y reclama mayor atención y luz eléctrica, mientras que el Wiechert es de registro mecánico. Estos péndulos registran macroséismos hasta del grado VIII de la escala de Rossi-Forel, sobre todo los modelos de 200 y 125 kilogramos de masa.

Para la reparación de los instrumentos, la Estación Seismológica tiene un taller mecánico dotado de lo indispensable. En él se construyó un tipo de seismógrafo del Ing. Juan Villarello.

El personal encargado del Servicio Seismológico en la Estación Central, hasta el año de 1915, fué el siguiente: observadores, Sres. Heriberto Camacho y Francisco Patiño Ordaz; calculador, Sr. Gonzalo de Gortari; ayudante, Sr. Manuel Salgado Núñez; inspector e instalador, Sr. Manuel Muñoz Lumbier. El Director del Servicio Seismológico, lo era el del Instituto Geológico, del cual dependía.

En los 9 años que lleva de establecido el Servicio Seismológico, se han hecho importantes estudios, se han publicado varios catálogos de temblores registrados en la Red y los Boletines del Instituto Geológico, números 18, 19, 32 y 36, tratan de Seismológia exclusivamente. Para el estudio de las vibraciones artificiales y movimientos rápidos del suelo se dotó a la Estación de un tromómetro Wiechert-Mintrop.

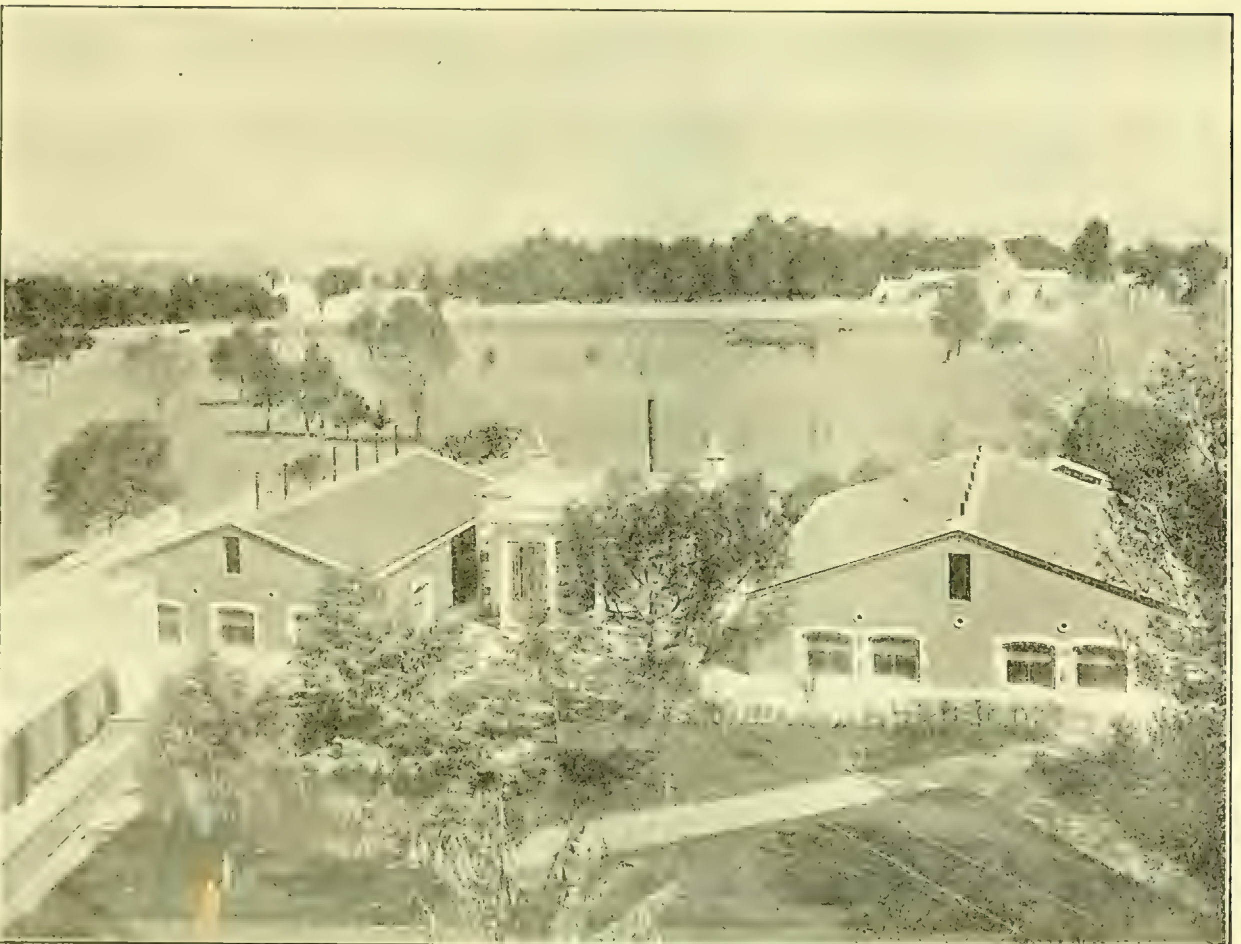
La Estación Seismológica Central se inauguró el día 5 de septiembre de 1910, en ocasión del primer Centenario de nuestra Independencia.

Fué construída por el arquitecto don José M. Serrano, y costó más de $20,000.

La Estación Seismológica de Mazatlán, Sin.

Se halla situada en el Cerro del Vigía, a la entrada de la hermosa bahía de Mazatlán. Fué construída bajo la dirección del Sr. Ing. Natividad González, según el proyecto que para estas Estaciones formó el Instituto Geológico. Es de segundo orden.

Está dotada de un seismógrafo Wiechert, horizontal, de 200 kilogramos, y uno vertical de 80. Un reloj de contactos.

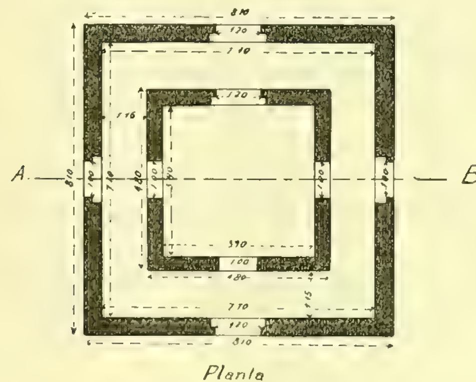


Estación Seismológica Central.

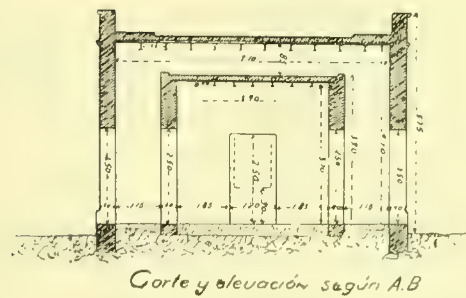
La instaló el Sr. Ing. Francisco Patiño Ordaz, y su primer encargado fué el Sr. Trinidad Casas. Se inauguró el 5 de septiembre de 1910, con motivo de las fiestas del Centenario. La situación geográfica de ella, es la siguiente: lat. N., 23°11′ 17″13 y 106°–24′22″ W. de Greenwich. Altura sobre el nivel del mar, 70 metros.

El plano y fotografía adjuntos, dan clara idea de la construcción y situación. Costó aproximadamente $ 3,600. La Estación está junto al Observatorio.





Planta



Corte y elevación según A.B

Estación Seismológica de Oaxaca

Situada en terrenos de la Estación Agrícola Experimental, en la Hacienda de San Miguel, como a 600 metros al sur del edificio principal de aquélla, y en una pequeña colina que se extiende de E. a W., entre un arroyo cuyas aguas se captan en una presa de cortas dimensiones y una barranca. A menos de un kilómetro al W. pasa la vía del Ferrocarril de Oaxaca a Ejutla.

La construcción es de mampostería, compuesta de una caseta y un abrigo. La parte exterior tiene 16.30 metros de longitud, 9.10 de ancho y 2.90 de altura, a contar de la superficie del terreno, por la parte exterior; los muros tienen un espesor de 42 centímetros. Tiene once ventanas y una puerta que ve al Norte. La distribución de ellas puede apreciarse en la fotografía. La construcción interior tiene 13.60 metros de largo, 6.30 de ancho y 4.10 de altura, contando desde el piso interior, que está a 2.30 metros abajo de la superficie del terreno; sus muros tienen un espesor de 28 centímetros y tiene siete ventanas y una puerta que ve al Sur, o sea la parte opuesta de la construcción exterior. La construcción interior se halla dividida en dos compartimentos por un tabique; en el primero están los postes para los instrumentos, que son un seismógrafo horizontal de Wiechert de 200 kilogramos de masa y uno vertical de 80, y que reciben tiempo de un reloj de contactos.

Entre las dos construcciones existe un pasillo de 90 centímetros de ancho. El lado mayor de estas construcciones está orientado de E. a W. y las cabeceras de N. a S. magnéticos.

De la entrada parte una escalera de cemento que no toca al muro interior en ninguna de sus partes, y cuya altura es de 2.30 metros. Los techos están formados: el de la construcción exterior por seis viguetas de 9 metros por $0^{m}.20$ de peralte y distribuídas convenientemente; el de la construcción interior está formado por cuatro viguetas de 6.30 metros de longitud, y ambos techos, interior y exterior, están resguardados por uno de dos aguas, de lámina acanalada.

El importe de la construcción fué de $ 9,138.25, y la dirigió el Sr. Ing. Juan Martínez. Posteriormentese le hicieron algunas reparaciones en vista de que el techo parecía hundirse por la parte media.

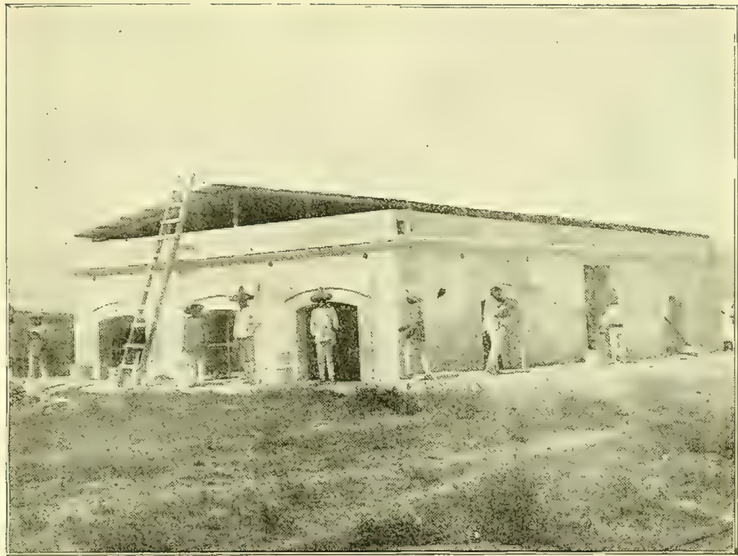
Fué instalada por el autor de este trabajo, quien dejó encargado de ella, por acuerdo del Ministerio de Fomento, al Sr. José M. Ortega, empleado en esa época de la Estación Agrícola.

La situación geográfica de la Estación Seismológica de Oaxaca, es de 17°01′ 13″ lat. N. y long. 96°45′46″5 W. de Greenwich. Altura sobre el nivel del mar, 1,570 metros.

Estación Seismológica de Mérida, Yuc.

La Estación Seismológica de Mérida, de Primer Orden, se halla situada a 150 metros al SE. de la Dirección del Panteón Municipal, en un terreno anexo a él.

El pabellón es de cemento armado y se compone de dos departamentos, a los cuales se desciende por una escalera que no toca en ninguna parte a la construcción interior; dicha escalera tiene 13 escalones. La pieza de entrada es la destinada a oficina y tiene una ventana con cristales apagados, y dos puertas. El departamento en que se instalaron los seismógrafos es amplio y perfectamente bien ven-



18m00

Pendiente 2%

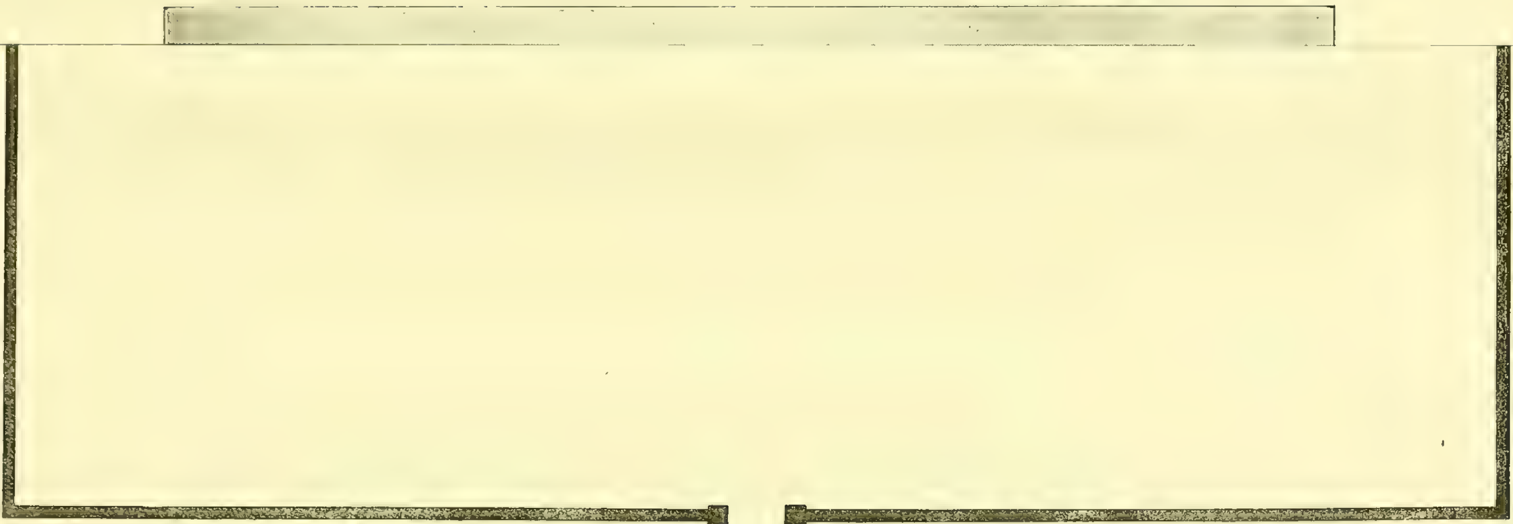
Barranca

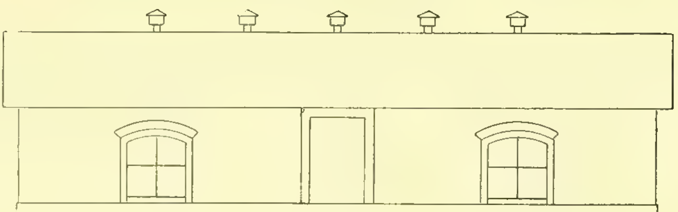
2m29

Corte A.

ESTACION SEISMOLOGICA DE OAXACA

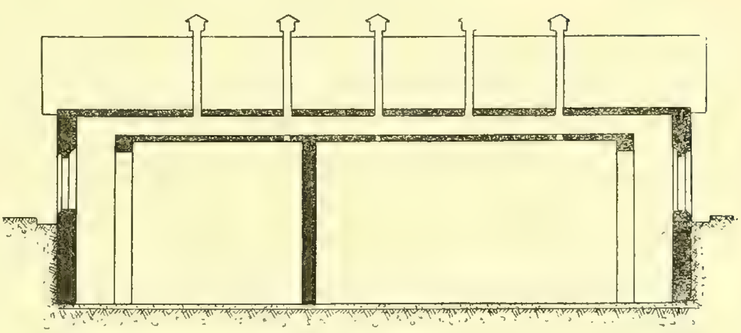
Escala - 1:100





Fachada Lateral

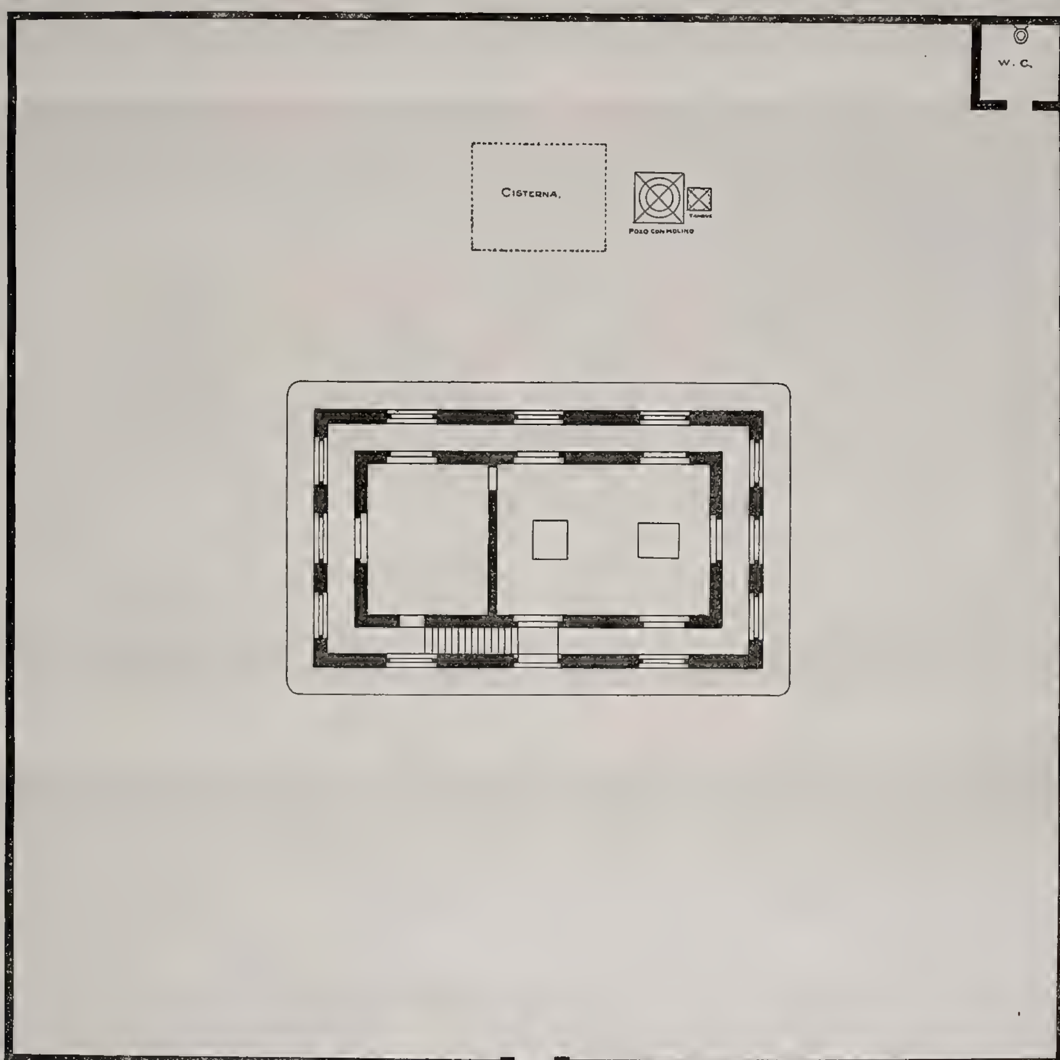
Escala 1:100.



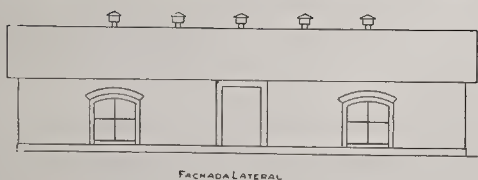
Seccion Longitudinal.

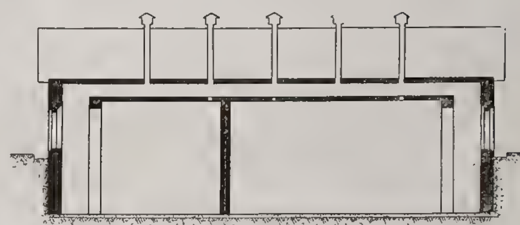


Estación Seismólogica de Mérida, Yuc.



Escala 1:100.





tilado, dando idea de él la fotografía que acompaña esta reseña y el plano. Fué construída por cuenta del Gobierno del Estado de Yucatán, bajo la dirección del Ing. Miguel Medina Ayora, e importó $16.000.

En la parte de atrás tiene un depósito para agua y un molino o bomba de viento. En uno de los ángulos del jardín que la rodea se halla un W.C.

Se puede considerar esta Estación como un modelo, por sus condiciones y lujo relativo. He tenido oportunidad de conocer los proyectos de estaciones extranjeras, y ninguna es mejor que la que se menciona en esta Memoria.

La Estación Seismológica de Mérida esta dotada de un seismógrafo Wiechert, horizontal, de 1,200 kgms., y de uno vertical de 1,300, de igual autor. Reciben el tiempo estos instrumentos por medio de un reloj de contactos. Es una de las estaciones destinadas a la recepcion de las ondas de los teleseismos, y de gran importancia, por ser la liga con el Sur del Continente.

Fué instalada por el subscripto autor de este trabajo, e inaugurada el día 5 de febrero de 1911 por el señor Gobernador del Estado, don Enrique Muñoz Aristegui. Quedó encargado de ella el Sr. Rafael Acosta Ocampo, empleado del Observatorio Meteorológico.

Coordenadas: lat. N. 20°56′51″6, y long. 89°36′59″9 W. de Greenwich. Altura sobre el nivel del mar, 6 metros 35 centímetros.

Dotada de registradores Richard.

Estación Seismológica de Guadalajara

En el proyecto de la Red Seismológica, figuraba la instalación de una Estación en la ciudad de Guadalajara, pero con motivo de los temblores que se iniciaron en mayo de 1912, el Instituto Geológico apresuró la instalación con objeto de facilitar el estudio que sobre dichos fenómenos hizo la Comisión enviada al efecto.

La Estación está situada en terrenos del Parque de San Rafael. Primeramente se instaló en un departamento anexo a la Dirección del Parque, de una manera provisional, y después en su construcción propia. Está dotada de un Seismógrafo Wiechert, horizontal, de 125 kilogramos, y de uno vertical de 80, con reloj de contactos para el registro del tiempo; tiene, además, como todas las de la Red, lo indispensable para desempeñar el servicio.

La construcción es semejante a las de Mazatlán y Monterrey. El solo edificio tuvo un costo aproximado de $2,200.

Su situación es la siguiente: lat. N. 20°40′45″5, y long. 103°24′08″ W. de Greenwich. Fué instalada por el subscripto, quien la entregó, por acuerdo del Ministerio de Fomento, al Sr. Benjamín del Río, primer encargado de ella.

Al tratar de esta Estación me parece oportuno decir algo sobre los temblores que conmovieron parte del Estado de Jalisco, desde principios de mayo de 1912. Transcribo el informe que se envió al señor Gobernador del Estado, y debo añadir que la Comisión estuvo formada por los Sres. Paul Waitz, Fernando Urbina, por el autor de este trabajo y por los Sres. Rafael Tello y Francisco Carbajal, fotógrafo.

Extracto del Informe que sobre los temblores de Guadalajara rinde la Comisión enviada por el Instituto Geológico [1]

Los temblores que en los meses de mayo y junio se han sentido en Guadalajara, y cuya intensidad ha sido mayor en los últimos días del presente, han causado pánico en aquella hermosa ciudad, más bien por el gran número de movimientos que por la fuerza de cada una de las sacudidas, a pesar de que ya ha habido algunos que se deben nombrar «destructores».

Todos estos movimientos se perciben como si «una mano poderosa» sacudiése con violencia los cimientos de los edificios en el sentido de la vertical, durante un tiempo sumamente corto, de 2 a 4 segundos como máximum, o en otras palabras, el movimiento es producido por unos golpes secos seguidos, ya sean de abajo hacia arriba, o más bien, asentamientos de arriba hacia abajo. A esta clase de temblores se les llama «trepidatorios», y son característicos para la parte de la tierra que está encima, es decir, proyectada verticalmente de la porción de la masa terrestre interior, en el seno de la cual nace el fenómeno en un momento dado. El área en que se registran estos temblores se le llama «área epicentral,» y al lugar en que nació el fenómeno, «hypocentro». Al haber dicho que el área epicentral es la proyección vertical en la superficie terrestre del hypocentro, no se quiere asegurar que la ciudad de Guadalajara quede exactamente sobre él, sino más bien un poco fuera, según nuestras observaciones hechas en la ciudad y en varios Observatorios, y noticias recogidas, que indican que los temblores provienen de un foco que está más al Norte y al Poniente de la población. También los ruidos que han acompañado a la mayoría de estos temblores, vinieron, según lo dijeron personas dignas de crédito, del NW.

Otro carácter especial de estas sacudidas, es que se restringe en una zona muy limitada, que apenas alcanza unos tres kilómetros cuadrados en los temblores más fuertes. Las pequeñas sacudidas abrazan zonas mucho menos extensas, pero en cambio, se han repetido con mayor frecuencia.

Por estos caracteres se asemeja mucho este «enjambre» de temblores a los que tuvieron lugar el año de 1875 en la misma región, solamente que aquella vez el foco se encontraba más al NW., cerca de San Cristóbal, pero dentro de la misma zona séismica. En este año San Cristóbal fue reducido a ruinas, debiéndose tener presente su peligrosa situación en el fondo de la barranca, rodeado de altos desmoronables acantilados, y la mala construcción y estado de conservación de sus casas.

Ahora bien, si nos fijamos en el arreglo y distribución de las rocas que constituyen la comarca, observamos, en primer término, que la ciudad de Guadalajara y los pueblos inmediatos, como Mezquitán, Atemajac, Zoquipan y Zapopan, están situados sobre un material volcánico muy fofo, conocido allá abajo con nombre de «xal,» que es una piedra pómez que se ha acumulado, sobre todo, en las partes más bajas del terreno del anterior relieve. La estructura de este terreno, anterior, pudimos verla en la profunda barranca del Río Grande, donde encontramos un sinnúmero de productos volcánicos, ya formando capas de tobas, ya extendiéndose en corrientes de lava de diferente composición que por su parte rellenaron las depresiones, emparejando la superficie del terreno quebrado todavía, más antiguo. De esta parte, allá que se le puede llamar el Valle de Guadalajara, se distingue bas-

1. El Boletín 19 del Instituto Geológico es un estudio completo de los temblores de Guadalajara en 1912.

tante la zona montañosa que se encuentra al W., formada por los cerros más o menos alineados, conocidos con el nombre de Sierra de Santa Ana de los Moros, Coll, Mazahuate y Cerro de la Venta, estando constituídos por una roca vítrea (rhyolita) de color gris, muy quebradiza, que desaparece repentinamente hacia el E., es decir, en el Valle de Guadalajara, hacia donde terminan estas sierras con un frente abrupto.

Estos hechos y otras muchas observaciones permiten pensar que este brusco cambio de topografía revela una zona débil de la costra terrestre, a lo largo de la que en tiempos anteriores hubo movimientos y deslizamientos, de tal manera, que la parte oriental se hundió, quedando una depresión que fué rellenada por los materiales volcánicos antes mencionados, y sobre los cuales está Guadalajara. Esta zona de deslizamientos se dirige de SE. al NW. hasta cerca o más allá de San Cristóbal. Esto no quiere decir que sea la única falla que existe en la región, sino que es la que sobresale más en el terreno, y los temblores parecen indicar que el equilibrio todavía no se ha restablecido. La circunstancia de que los temblores más fuertes se hayan sentido a ambos lados de la barranca, hacen presumir que el foco del movimiento está a mayor profundidad que el fondo de la barranca. Si buscamos la verdadera profundidad para este foco, tropezamos con grandes dificultades, debido a los pocos datos instrumentales que se han podido obtener, y sobre todo, a la imposibilidad de aplicar las fórmulas hipotéticas que usan los seismólogos modernos para los temblores en países densamente poblados. Estos cálculos se fundan en la relación que hay entre la profundidad del foco y la extensión del área epicentral, y basándose en esta misma relación, se puede decir que como el área epicentral es bastante reducida, la profundidad del foco será entre ochocientos y mil quinientos metros.

Como hemos dicho, el foco cambia de lugar; en 1875 el más activo estaba cerca de San Cristóbal, y otro de menos actividad se dejó sentir cerca de Guadalajara, y otros más lejanos. La existencia de estos focos se comprende con la explicación dada anteriormente, respecto al trozo de la costra terrestre que se desliza a lo largo de la falla. El movimiento de este bloque no es uniforme e instantáneo en todas direcciones, sino que el hundimiento se efectuará hoy en un punto, mañana en otro lugar o en el mismo punto, verificándose el hundimiento en un gran número de asentamientos infinitamente pequeños, y durante largo tiempo, en el que habrá períodos de reposo interrumpidos por «enjambres» de temblores.

Estación Seismológica de Zacatecas

La Estación Seismológica de Zacatecas se halla situada en el Cerro de la Bufa, cercano a la referida ciudad, a 2,610 metros de altura sobre el nivel del mar, y su edificio se halla cimentado sobre la erupción rhyolítica que forma la cima del mencionado cerro. Está localizada en el ángulo NE. del antiguo edificio llamado «Ex-Hospicio de la Bufa,» que forma actualmente parte del Observatorio Meteorológico, y cuyas coordenadas geográficas son: lat. N. 22°46′35″ y long. 102°32′58″ W. de Greenwich.

La localización de la Estación Seismológica se hizo en este sitio por las razones siguientes: 1ª El Cerro de la Bufa está aislado de todo tráfico que pudiera perturbar el funcionamiento de los seismógrafos; a más de un kilómetro de distancia pasa la vía del Ferrocarril Central.—2ª La circunstancia de estar formada la cima de este cerro por rhyolita permite asentar tanto los cimientos del edificio como los de los

postes de los instrumentos en la roca maciza.—3ª En el citado cerro está establecido el Observatorio, cuyo personal puede atender con eficacia el servicio de la Estación.—4ª El lote que ocupa la Estación Seismológica en el Cerro de la Bufa está comprendido en un antiguo edificio perteneciente al Gobierno del Estado, lo cual permitió su adquisición fácilmente.—5ª Se eligió el ángulo NE. del citado edificio, por estar convenientemente abrigado de los vientos reinantes en esa localidad y que son los del rumbo SW. Además, se aprovecharon los gruesos muros que ya existían, formando con ellos un tercer recinto protector de la Estación.

Los trabajos de construcción fueron dirigidos por el Sr. Ing. Luis Córdova y empezaron el 14 de noviembre de 1910. La Estación es semejante a la de igual orden establecida en Mérida, y se inauguró el 16 de septiembre de 1912, asistiendo al acto el señor Gobernador del Estado, don Guadalupe González. El edificio fué construído por el maestro albañil Dámaso Muñetón, importando al erario federal la cantidad de $ 12,000.

Está dotada, como las de Primer Orden, de un seismógrafo Wiechert, horizontal, de 1,200 kilogramos de masa y de uno vertical de 1,300, a los cuales da tiempo un reloj de contactos eléctricos. Tiene registradores Richard.

Fué instalada por el subscripto y entregada al Sr. Andrés Ruiseco, primer encargado de ella, por acuerdo del Ministerio de Fomento, Colonización e Industria.

Estación Seismológica de Monterrey N. L.

Situada en el Cerro del Obispado, al W. de la ciudad de Monterrey, sobre las pizarras arcillosas del neocretácico.

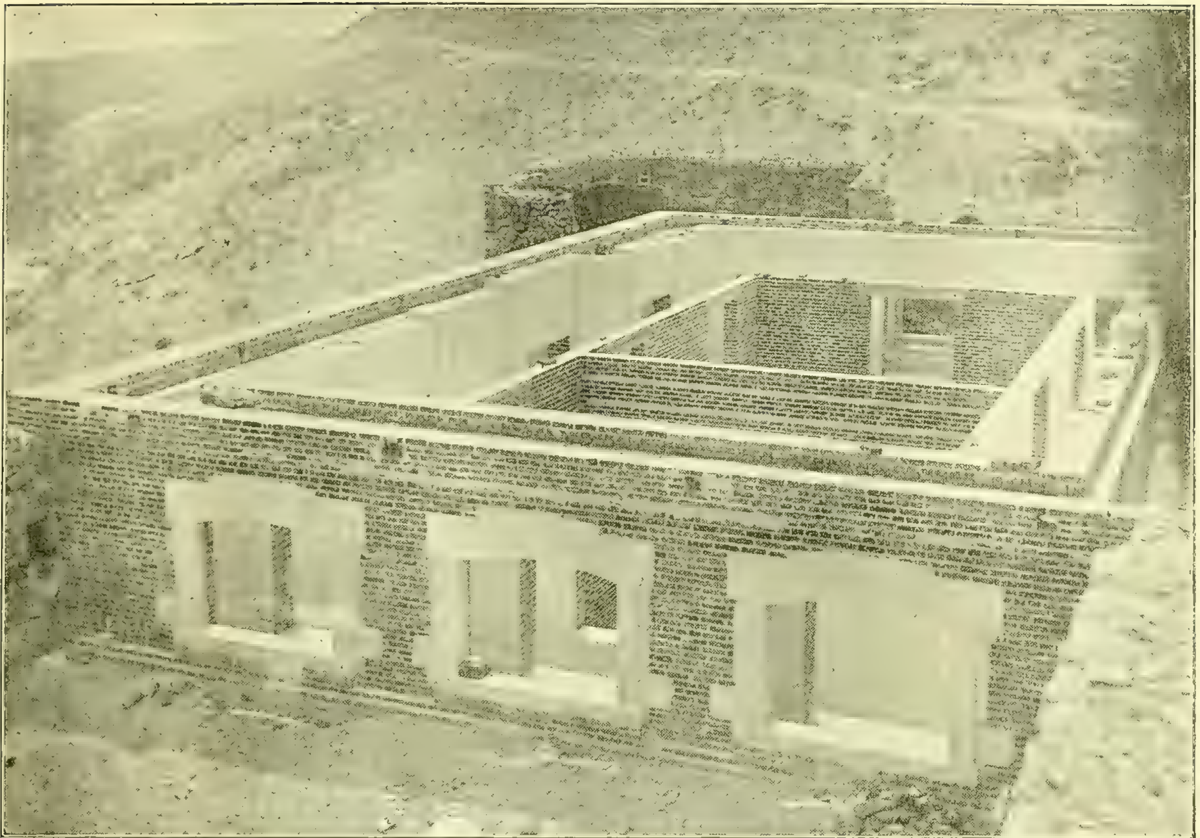
Construída con sujeción a los planos que el Instituto Geológico adoptó para las Estaciones de Segundo Orden, por el Sr. José M. Siller, importando el solo edificio la suma de $ 2,400. Los trabajos finalizaron el día 24 de mayo de 1913 y se inauguró el 7 de junio del mismo año, asistiendo los señores Gobernador del Estado y Jefe de las Armas, que lo eran respectivamente don Salomé Botello y General Fernando González.

Esta construcción está hecha de materiales de primera calidad y por el sistema patentado del Sr. Siller. El plano adjunto y la fotografía nos dan idea de su posición y construcción.

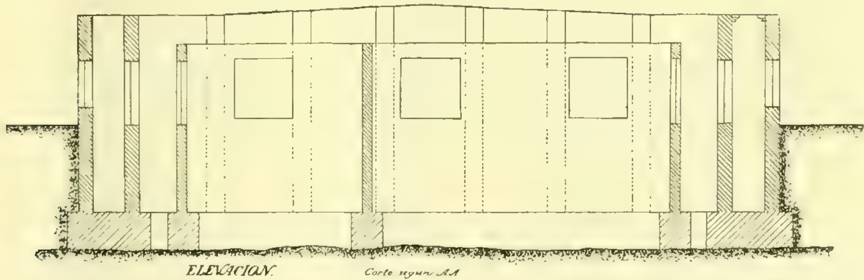
Su dotación de instrumentos se compone de un seismógrafo Wiechert, horizontal, de 200 kilogramos de masa, uno de 80, vertical, y un reloj de contactos para el registro del tiempo.

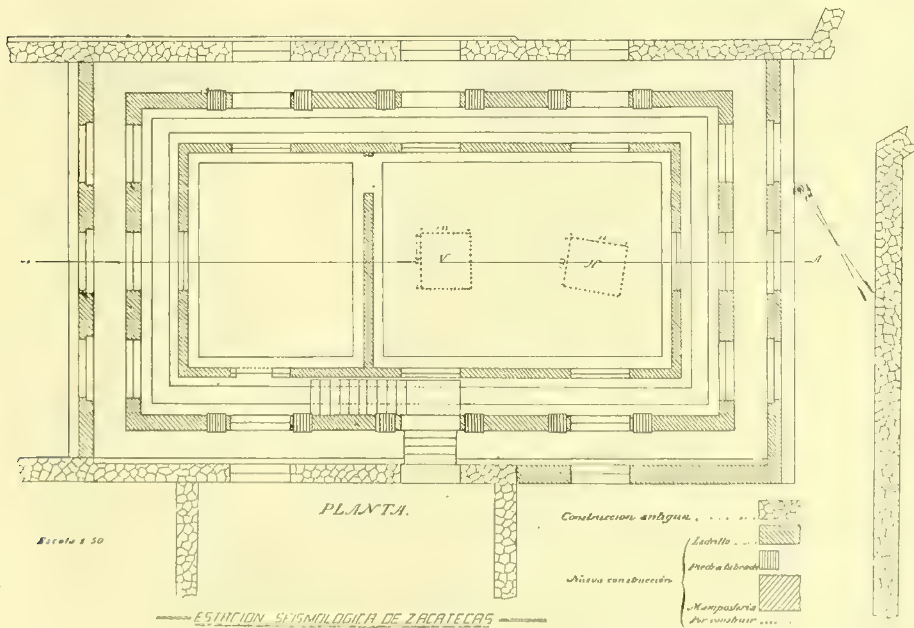
Coordenadas: lat. N. 25°40′47″ y long. W. de Greenwich, 1°12′25″.

Fué instalada por el subscripto, así como comisionado para recibir el edificio. Su primer encargado lo fué el Sr. Ramón Vélez, empleado de la Oficina Federal de Ensaye.



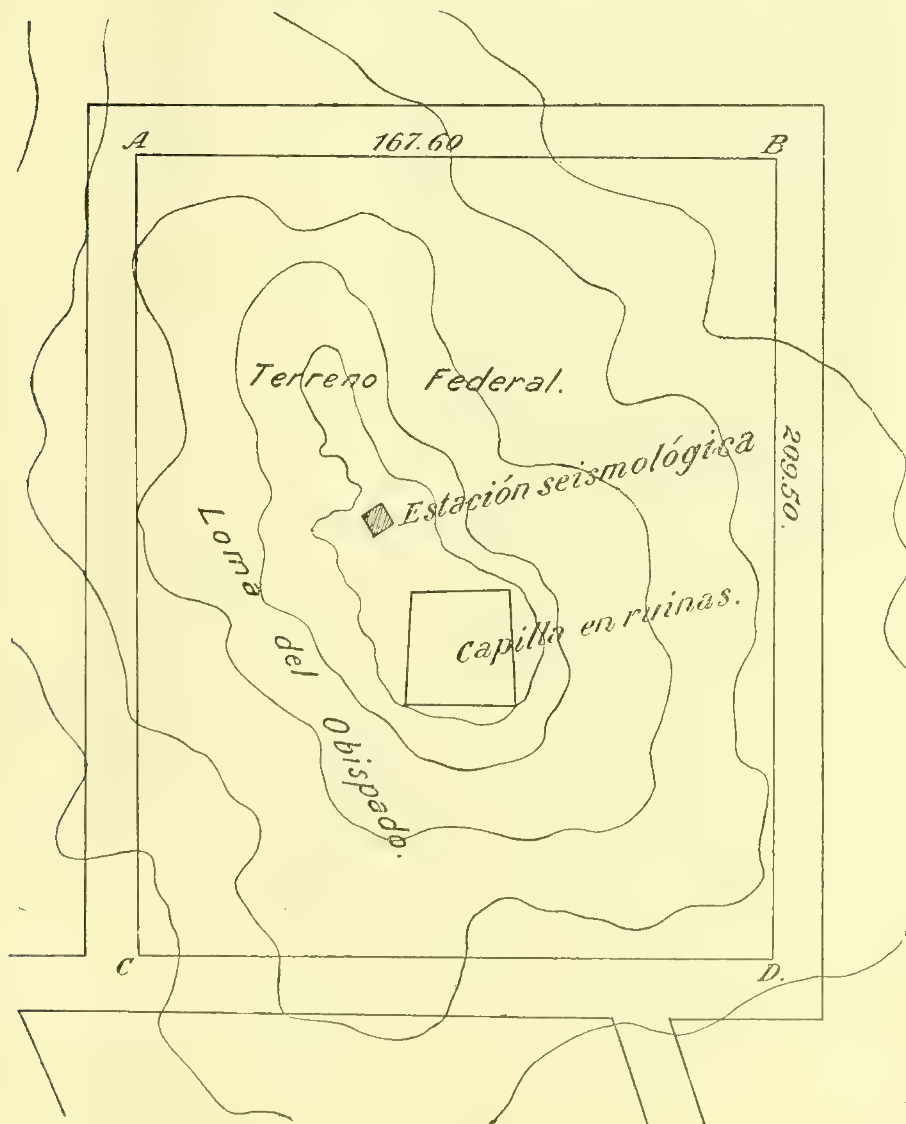
Estación Seismológica de Zacatecas, Zac.







Estación Seismológica de Monterrey, N. L.



II

SEISMOGRAFOS

En el presente capítulo vamos a describir cada uno de los seismógrafos instalados en la Estación Seismológica Central y en las que componen la Red, con objeto de dar a conocer esta clase de instrumentos, su funcionamiento y algunas leyes que los rigen.

Para esto vamos a tomar los datos que vienen en los catálogos de los constructores, algunas teorías simplificadas de los autores y las observaciones que de ellos se han hecho por quienes los conocen y manejan.

Los seismógrafos se construyen para probar que un punto o masa de nuestra tierra se mueve en cualquiera dirección por poco tiempo o continuamente. Así, pues, se llama *seismógrafo* al instrumento que nos da una representación gráfica del temblor de tierra. No nos ocuparemos en estos momentos de las causas de los movimientos, sino de la manera como se registran. Esto sería muy fácil, si pudiéramos fijar un punto en el espacio, independiente de la tierra, enfrente del primer punto. Los movimientos del primer punto o de la primera masa se podrían fijar entonces por medio de medidas, observaciones o registros. Pero como no es posible encontrar una masa inmóvil en el espacio que circunda a la tierra, se establece este punto o masa artificialmente, con cierta clase de instrumentos, es decir, con los péndulos horizontales, verticales y astáticos, colgando un peso de manera que quede tan independiente de la tierra, cuanto sea posible. Sin rozamiento no se puede suspender ningún peso; por esto recibirá cada peso suspendido los movimientos del suelo por la unión de éste con el apoyo del péndulo y hará simultáneamente con éstos sus movimientos oscilatorios. Los péndulos registradores ópticos, registran sin rozamiento; los de registro mecánico carecen de esta ventaja y hay que tener en cuenta los puntos de rozamiento, por pequeños e insignificantes que nos parezcan.

El seismógrafo moderno es un aparato de precisión, y por consiguiente, antes de utilizarlo, debe hacerse un estudio previo de sus constantes características.

El Sr. Manuel Navarro Neumann, al hablar de los seismógrafos horizontales, dice lo siguiente: «Cualquiera que sea el tipo a que pertenezca uno de estos sismógrafos, podemos considerarlo, siguiendo el dictamen Wiechert, como un péndulo ordinario o vertical, de cuya masa saliese hacia abajo una varilla capaz de señalar trazos sobre una banda de papel, arrastrada por un motor de relojería. Si llamamos L a la longitud del péndulo, o sea a la distancia que media entre su punto de suspensión y el centro de gravedad de la masa M, J a la longitud total del aparato, o

sea a la distancia que media entre el punto de suspensión S y el extremo inscriptor del sismógrafo, cualquiera que sea su disposición, T_0 al período pendular y A al aumento, tendremos que:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

y aproximadamente, en el sistema métrico, por diferenciarse poco π y $\sqrt{g}$:

$$T_0 = 2\sqrt{L},\ A = \frac{J}{L},\ L = \left(\frac{T_0}{2}\right)^2$$

La sensibilidad de un péndulo se expresa en función del número de milímetros y fracciones de milímetro que mide en el gráfico (diagrama) una desviación de la masa equivalente a 1″, y como el arco de un segundo vale $\frac{1}{206.265}$ de radiante, tendremos que a cada milímetro de desviación corresponden unos 206 metros de longitud pendular equivalente. Así, una desviación de 10$^{mm.}$ por 1″ en el gráfico de un sismógrafo, cuyo período T_0 fuese de 10 segundos, y L, por tanto,

$$\text{de 25 metros} = \left(\frac{10}{2}\right)^2$$

nos dará de longitud total: $J = 206 \times 10 = 2{,}060$ metros, y tendrá por aumento inicial

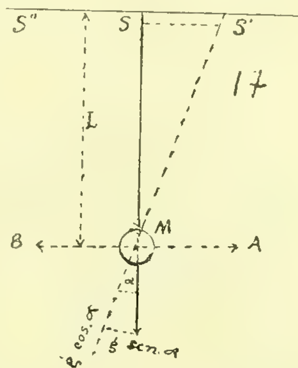
$$A = \frac{2060}{25} = 82 \text{ veces, próximamente.}$$

Estas cifras, en unión de otras, de las que nos ocuparemos en su lugar, suelen denominarse CONSTANTES.

En el péndulo, al producirse un movimiento del suelo, y por consiguiente, de la suspensión, aparato multiplicador, receptor, etc., la masa, en virtud de su considerable inercia, ha de permanecer inmóvil, por lo que se le da el nombre de *masa estacionaria*, pero esto sólo acaece con movimientos muy rápidos o lentos y de pequeña amplitud y marcado disincronismo con el período pendular, de no existir circunstancias especiales. De lo contrario, los rozamientos inevitables en sus conexiones con la banda receptora, y aun sólo los inherentes a la suspensión, le hacen oscilar con su propio período, a semejanza de una plomada o de la péndola de un reloj, y esta oscilación que transforma una simple desviación de la vertical en un sinusoide, con decremento de ordinario bastante pequeño, de estar el instrumento bien construído, basta para viciar los gráficos, que suelen presentar máximos y mínimos, debidos, en gran parte, y a veces todos, a la concurrencia de impulsos de la masa, puesta en movimiento y del suelo.

De ser éste rítmico, la ecuación representativa de estos movimientos combinados, sería: $y = \text{sen.}\, x + \text{sen.}\, nx$.

El principio de la masa estacionaria nos lo hará ver el adjunto esquema, en el cual tenemos una masa M suspendida de un punto S a una distancia L. Si el punto S se trasladase a S′ con gran rapidez, y lo mismo a S″, después de haber pasado por su antigua posición o de reposo S, la masa M, en virtud de su inercia, no habrá tenido tiempo de moverse hacia S atraída por la acción de la gravedad,



con la fuerza M. sen. α, cuando el movimiento se verifica hacia S″, actuando entonces dicha fuerza en sentido contrario. Esto, como dejamos apuntado, es excepcional, y lo demuestra también la práctica diaria en muchas estaciones sismológicas, y más palpablemente aún las clásicas experiencias del Príncipe Galitzin.

Figurémonos un péndulo dispuesto de tal manera, que no pueda oscilar más que en un plano, como un péndulo de reloj, y que inscribe sus movimientos sobre un cilindro receptor con su motor de relojería situado, como el péndulo, con su suspensión, sobre una plataforma únicamente movible en sentido horizontal, y en el plano de oscilación antedicho, gracias a un mecanismo especial, y que del techo del recinto donde se verifiquen las experiencias, penda una varilla rígida, perfectamente sujeta al mismo, de manera que se pueda suponer inmóvil, y que esté provista del mecanismo conveniente para inscribir sobre el mismo receptor que el péndulo, con la separación conveniente, para evitar los choques.

Si movemos la plataforma, rítmicamente o no, mientras gira el cilindro provisto de su banda receptora, es indudable que el gráfico que trace el extremo inscriptor de la varilla rígida sujeta al techo, será la exacta representación del movimiento de la plataforma, a la manera que lo sería de los de nuestra mano izquierda el gráfico trazado por un lápiz, tenido inmóvil por la mano derecha y apoyado convenientemente sobre un papel blanco, si moviésemos éste con la dicha mano izquierda. En cambio, el gráfico inscrito por el péndulo será, digámoslo así, la *traducción* más o menos fiel de los verdaderos movimientos de la plataforma.

Las siguientes curvas, reproducidas de la magistral Memoria del Príncipe Ga litzin, de que nos ocupamos (Zur Methodik der seismometrischen Beobachtungen), nos ahorrará la discusión. En ellas la curva interna es fiel trazado del movimiento impreso a la plataforma movible, puesto que es el del estilete inscriptor sujeto a la varilla pendiente del techo; la otra es la inscrita por el péndulo en las condiciones indicadas. Las correspondientes a las dos primeras series de curvas están obtenidas con el péndulo libre; las de la restante, hallándose éste provisto de un mecanismo adecuado que le impida entrar en franca oscilación, esto es, de un *amortiguador* que obligue a su masa a que realmente actúe de estacionaria. Si el péndulo carece del amortiguamiento conveniente, vemos que cuando el disincronismo entre el período propio del movimiento y el del péndulo es considerable, su gráfico guarda cierto parecido con la realidad, aquí representada fielmente por el gráfico de la varilla fija; que cuando uno de los dichos períodos es factor del otro o se le parece, presenta el sismograma máximos periódicos que no existen, efecto de la resonancia, a la vez que resulta falseado el período del movimiento; y por último, que traza más bien una caricatura de éste, que no una copia fiel, cuando se trata de sacudidas irregulares. Este es el único caso en el cual también falla un péndulo convenientemente amortiguado, aunque mucho menos, como lo demuestra claramente el gráfico correspondiente. En los demás se nota la perfecta semejanza de ambas curvas, sin más diferencia esencial que la debida al retrazo de la trazada por el péndulo, retrazo, por otra parte, calculable con gran exactitud, y del cual se tiene cuenta en los estudios un poco delicados.

Ese amortiguamiento o apagamiento se obtiene utilizando la resistencia del

aire dentro de un espacio cerrado, o la de un líquido viscoso o, finalmente, la de un campo magnético.

. . . .

. . . .

El gráfico puede trazarse o sobre papel blanco empleando tinta de anilina y unas plumas más o menos análogas a las de los meteorógrafos Richard, o también sobre papel blanco, pero recubierto de una tenue capa de negro de humo, la que *arranca* a su paso, dejando un surco blanco sobre fondo negro un estilete apropiado. Como a la banda, ya en forma de *anillo sin fin*, ya simplemente sujeta y arrollada sobre la generatriz de un cilindro que gira, la hace avanzar de continuo un mecanismo de relojería, el trazo (de color o blanco) resultará una línea recta, si nada agitase al sismógrafo, y en el caso contrario dará una representación gráfica más o menos fiel del movimiento. De ordinario el cilindro avanza al mismo tiempo que gira, resultando helizoidal el trazado, con lo que se ahorran muchas bandas, siendo esto común a los sismogramas o gráficos obtenidos, tanto con los péndulos antedichos o de *registro mecánico*, como los de *registro magneto-fotográfico* y puramente *fotográfico.*

. . . .

. . . .

El registro mecánico exige masas considerables, capaces de dominar con su inercia los muy notables rozamientos que se originan tanto en las conexiones de la masa con su suspensión y el mecanismo multiplicador-inscriptor, como entre el estilete o la pluma y la banda receptora, muy superior a los demás en instrumentos bien construídos. (Esto se comprueba haciendo oscilar libremente a un péndulo sin amortiguador y con la pluma o estilete levantado, o por el contrario, descansando sobre la banda receptora; a igualdad de deviaciones iniciales, se parará mucho antes en el segundo caso).

Las masas de estos péndulos son muy de ordinario de 1,000 y aun más kilogramos, y suelen exceder de 100 en los modelos siquiera medianos, por lo que se les llama *pesados*, por contraposición a los fotográficos o *ligeros*, cuyas masas rara vez pasan de algún kilogramo. Las de los magneto-fotográficos son de 7 a 14 kilogramos.

Salvo rarísimas excepciones, los sismógrafos han de registrar terremotos las más de las veces insensibles en la localidad donde se hallan instalados y de los sensibles sólo los débiles y medianos, esto es, movimientos cuya amplitud verdadera por excepción llegue a un milímetro y con gran frecuencia no pasa de alguna μ o fracción de ésta y cuyos períodos oscilen entre algunas décimas de segundo y un minuto o algo más. Importa, pues, que no sólo el receptor mueva la banda con la velocidad indicada antes, con objeto de que se puedan separar bien unas ondas de otras, y apreciar sus períodos, así como el tiempo, o momento preciso en el cual se inscribieron, sino que también sea el aumento suficiente para que la representación gráfica de las dichas ondas resulte claramente visible, y, a ser posible, también mensurable.

En todos los péndulos, aumento y período dependen de varios factores, como lo son dimensiones, disposiciones de las piezas, esmero mayor o menor en la construcción, etc., y en los de inscripción mecánica, en particular del peso de la masa.

En todo péndulo es indispensable que la fuerza con la masa desviada de su posición de reposo tiende a volver a la misma, sea suficiente para vencer la resistencia que le oponen los rozamientos, esto es: M sen. $a > r$, fórmula que se trans-

formaría en: M sen. $\alpha + f(\varphi) > r$, en el caso en que con resortes apropiados se auxilie o modifique, más o menos, la acción de la gravedad. De no verificarse, la masa se quedará en cualquier punto en el que se le deje, y el péndulo resultará *labil*, defecto gravísimo que importa evitar a todo trance, pues bastaría para inutilizar al sismógrafo, de no ser la dicha cualidad efecto de un amortiguamiento llevado hasta los límites de la aperiodicidad, pues en ese caso pudiera resultar ventajosa.

La fuerza de restitución en los péndulos de inscripción mecánica, se halla en razón directa del peso de la masa e inversa de la longitud del péndulo simple que tuviese el mismo período, y del cuadrado del aumento. Si este último lo expresamos en veces, la masa en gramos y la longitud pendular en centímetros, la siguiente fórmula dará en *ergs* la fuerza de restitución.

$$F_r = \frac{Mg}{A^2 L}$$

. . . .

La ventaja principal del registro mecánico sobre papel ennegrecido estriba en la extrema finura de los trazos cuyo grosor puede reducirse a un par de centésimas de milímetro fácilmente, resultando todavía bien aparentes si las bandas se prepararon con esmero y estilete inscriptor, se apoya lo suficiente (medio miligramo de presión basta con creces). Esa tenuidad permite separar las ondas muy rápidas unas de otras, con velocidades relativamente moderadas en el receptor y también clisés fotográficos capaces de soportar útilmente ampliaciones muy considerables. Además, resulta muy económico, pero tiene en su pasivo el ahumado y fijado ulterior de las bandas con un barniz apropiado, operaciones un tanto entretenidas y no muy pulcras.

. . . .

El péndulo horizontal fué inventado en 1820 por Hengler.

Componente Vertical. — Forman parte de las *componentes verticales*, nombre que se les da a los sismógrafos dispuestos para su estudio, uno o más muelles a los que tiende una masa, la cual actúa no sólo cuando la tierra se agita, que es precisamente lo que se pretende registrar, sino también según los cambios que sufran el muelle o los muelles en función de las variaciones térmicas. A este grave defecto ha tratado de remediar el inventor del último *invar*, Dr. C. E. Guillaume, con otra aleación a la que llama N S P, cuya elasticidad apenas varía con cambios muy notables de temperatura.

Si suspendemos la masa del muelle directamente y llamamos E a la elongación o estiramiento que experimenta el tal muelle, tendremos:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{E}{g}} = 2\sqrt{E}$$

lo que indica haría falta un estiramiento enorme para obtener un período razonable, dado que uno, más bien pequeño, como lo es 6 segundos, exige 9, dado que

$$6 = 2\sqrt{9}$$

y no es necesario perder el tiempo en demostrar los gravísimos inconvenientes, ya que no la imposibilidad de manejar tan disformes aparatos.

Valiéndose de artificios apropiados, como lo son muelles de acción antagonista, masas más pequeñas que la verdadera y situadas muy por encima del centro de

gravedad de ésta, mientras que la suspensión de la misma se hace bastante por abajo del dicho centro, etc., se consigue elevar bastante el período, aunque sea muy difícil pasar de los 13 segundos de las de Galitzin, que son las que hoy lo tienen más largo. Como el estiramiento del muelle helizoidal de estos magníficos instrumentos, de irreprochable construcción, es de unos 36 centímetros, y el período antes indicado equivale a unos 42 metros, el valor del *astasiado* resulta de $\frac{42}{0.36} = 117$ veces. Uno de 5 a 8 y aun 10 veces, lo hemos conseguido fácilmente con un modelo muy pequeño (Sismographe Cartuja a composante verticale, modele de demostration, Cosmos, 5 Dic. 1912, p. 635–636, fig. 1) y de construcción poco cuidada, esto es, en condiciones más bien desfavorables.

La mayor parte de las componentes verticales se hallan integradas por uno o más muelles helizoidales. En éstos la elasticidad puesta en juego es casi exclusivamente la de torsión, expresándose el estirado E del muelle bajo la acción de la masa M por la fórmula:

$$E = \frac{2LR^2M}{\pi r^4 G}$$

en el cual G expresa el coeficiente de rigidez, (módulo de resbalamiento, 2º módulo de Young o E_2, μ en la notación de Lamé, coeficiente igual a $\frac{32\gamma}{\pi}$ (γ o sea el coeficiente de torsión o de Coulomb), L la longitud total del resorte, R el radio del cilindro formado por las espiras de la hélice y r el del alambre que las forma.

Digamos aquí de paso que del valor del estirado de un muelle, expresado por la fórmula anterior, se puede deducir el valor de E_1 o E, primer módulo de Young, o simplemente módulo de Young del muelle ensayado en función de su módulo de contracción transversal, δ o coeficiente de Poisson, dado que: $E = 2\,E_2\,(1 + \delta)$, $E_2 = G$ (calculado en kilogramos por milímetro cuadrado y multiplicado por $9{,}8 \times 10^7$, para reducirlo al sistema C G S) y que el valor de δ crece en los metales con el templado y el paso por el laminador o por la hilera, y vale en los mismos 0,3 aproximadamente (de 0,25 a 0,40).

Los muelles de acero Krupp empleados en las componentes verticales Wiechert, pesan 8 kilogramos cada uno, y el grosor del alambre es de 14 milímetros, lo que, con una densidad de unos 8,0, nos da:

$$L = \frac{8000 \times 10}{\pi \times 0{,}49 \times 8} = 6500 \text{ milímetros.}$$

De estos descontaremos 200 por los ganchos terminales, que no participan de la torsión, y nos quedará $L' = 6300$ y con esta, $E = 360$, $R = 100$, $M = 180$ kilogramos, tendremos:

$$G = \frac{6300 \times 2 \times 100^2 \times 160}{\pi\, 7^4 \times 360} = 7500, E_2 = 7{,}4 \times 10^{11}, \gamma = 7{,}3 \times 10^{10}$$

y con $\delta = 0{,}3$, $E_1 = 1{,}92 \times 10^{11}$ C G S, cifra comprendida entre los 18 y los .... $20{,}4 \times 10^{11}$ asignados también al acero por Amagat y Everett, y con mayor razón entre los 17,5 y $20{,}7 \times 10^{11}$ deducidos por el Profesor Oddone con su esclerómetro.

Las desviaciones de origen técnico de la línea de reposo en los gráficos de las componentes verticales se expresan por la fórmula $D = AC\left[\left(\frac{T}{2\pi}\right)\frac{2}{g}\right]$, en la cual C es el coeficiente técnico de elasticidad del muelle utilizado y A el aumento, fórmula que resulta, simplificando: $D = JC$, siendo J la longitud total del péndulo equivalente, habida razón del susodicho aumento.

La variación de 1° en el componente vertical Wiechert de 1,300 kilogramos con siete segundos de período y 160 veces de aumento, si careciese de la compensación adecuada, produciría una desviación de 70 centímetros en el gráfico, según este sabio sismólogo (Das Institut f. Geophysic. . . . , 176.) y como el alargamiento de cada uno de los 8 muelles que sostienen la masa es de 36 centímetros, resulta como coeficiente térmico de los mismos $3,5 \times 10^2$ centímetros, esto es, que un grado centígrado de aumento o disminución en la temperatura de los muelles equivale a un aumento o disminución de 156 gramos en el peso de la masa.

Se ha tratado de corregir este grave defecto de los muelles por medio de compensaciones bi-metálicas (hierro y zinc en los Wiechert) dispuestas exactamente al revés que las varillas de acero y latón de las péndolas de algunos relojes, puesto que el fin de éstas es el de mantener igual, a ser posible, la longitud pendular, cualquiera que sea la temperatura reinante, y las rejillas compensadoras de las componentes verticales deberían alargarse o acortarse en iguales proporciones, pero en sentido inverso de los muelles, para que la altura del centro de gravedad de la masa permanezca invariable y no se presenten más desviaciones que las producidas por los movimientos del suelo. Fuerza es confesar que esto sólo se consigue muy imperfectamente, lo que obliga a colocar estos instrumentos en locales subterráneos o semi-subterráneos, donde los cambios de temperatura apenas llegan a 0,1° al día, de no tratarse de alguno muy poco sensible, como lo es la componente vertical Vicentini, con la cual, cambios de temperatura bastante mayores, aun de algunos grados, resultan tolerables.

En este instrumento (G. Vicentini e G. Pacher, Microsismógrafo per la componente verticale, B. d. S. S. It., V. 33-58, l. II. fig. 6.) la elasticidad puesta en juego es la de flexión, y consta de una lámina de acero muy elástica (muelle para wagones) de 1½ metros de largo por 7, 5 centímetros de anchura, y espesor decreciente de 1,0 a 0,7 centímetros; sin carga este muelle presenta una fuerte concavidad hacia arriba y se halla sujeta por su extremidad más delgada, y gracias a una robusta pieza de hierro, al mismo pilar donde pende el microsismógrafo del mismo autor. En la otra extremidad se enfila una pesa cilíndrica de plomo de unos 50 kilogramos, bajo cuya acción debe quedar horizontal la superficie superior del muelle. Dos palancas, una de ellas acodada y vertical, simplemente multiplicadora, y otra horinzontal, a la vez multiplicadora-inscriptora, completan esta componente vertical que inscribe sus gráficos sobre la misma banda que lo hacen las componentes horizontales. Su período completo oscila entre 0,8 y 1,3 segundos, y su aumento varía entre 80 y 200, careciendo de amortiguador y resultando muy poco sensible, no sólo por la pequeñez de su período, sino también por otros defectos, algunos de los cuales nos parecen fáciles de corregir.

Mucho más potentes son las componentes verticales Wiechert, tanto gran modelo ya citado, como pequeño modelo, con masa de 80 kilogramos, aunque todavía estén muy lejos de constituir un *desideratum*. Sobre todo, por su exajerada y nociva sensibilidad térmica.»

Seismografos horizontales Astáticos Wiechert de 125 y 200 kilogramos

En sus elementos el instrumento es parecido al llamado seismógrafo astático del Profesor Wiechert, con excepción de que la masa estacionaria es más pequeña, pesando de 80 a 200 kilogramos. Por consecuencia, la sensibilidad se reduce en

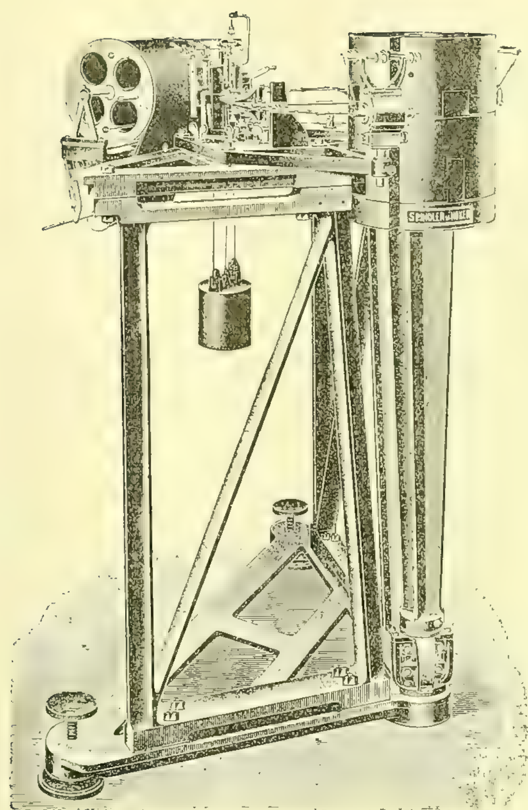
proporción. En lo demás es equivalente al gran instrumento en todas sus relaciones; como en la de estar provisto de amortiguador de aire.

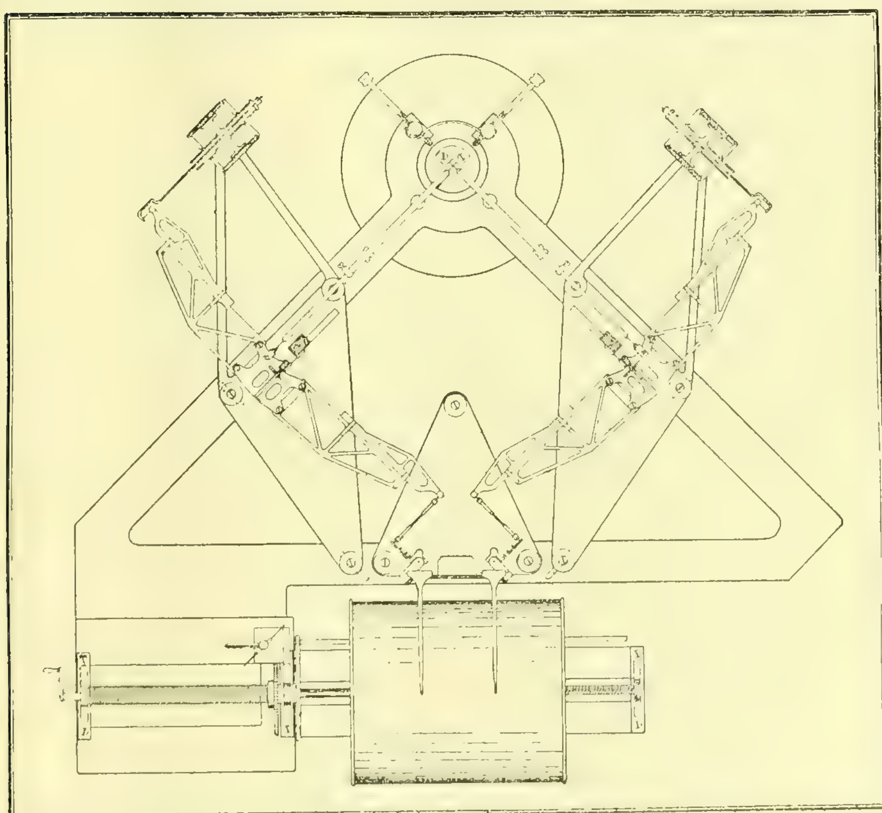
Se puede arreglar la amplificación V, de 40 a 160 veces, el período de oscilación T, de 4 a 12 segundos, la sensibilidad E, de 1 a 15 mm. por segundo de arco. El amortiguamiento es susceptible de ser puesto fuera de trabajo y es regularizable, permitiendo ser aumentado hasta la completa aperiodicidad. La fricción de las suspensiones es mínima; en el estilete se puede reducir la presión a ½ o 1 milígramo, por medio de un contrapeso que tiene en la parte de atrás y que corre en una fina varilla con tornillo. El estilete es de aluminio con un eje de acero que trabaja en dos chumaceras de ágata. El tiempo lo marcan los estiletes mismos por medio de resortes que se desplazan lateralmente por medio de un electro-imán.

La masa estacionaria representa un seismógrafo invertido, del cual el punto de apoyo está situado sobre el armazón y formado por un sistema de resortes de Cardán. La masa del seismógrafo se encuentra con su centro de gravedad a un metro arriba del punto de rotación, donde es retenida por las dos palancas de propulsión, de las cuales una se encuentra en dirección Norte-Sur y la otra en la dirección Este-Oeste. Las palancas o varillas de propulsión tienen la longitud suficiente (como de 25 cm.) para que sea fácil arreglar el aparato con una independencia relativa de las componentes. Cada una de las palancas de propulsión hace accionar un brazo de palanca bilateral, de aluminio, cuyo eje de rotación se ha puesto en posesión vertical. De un lado del brazo de palanca se conecta el amortiguador de aire, y del otro una punta de acero, contra la cual se apoya una pequeña palanca de impulso que hace mover la palanca inscriptora. El amortiguamiento de aire se obtiene por un pistón que se mueve en un cilindro, con un intervalo corto. Con el fin de poder regularizar el amortiguamiento, las dos cámaras de los dos lados del cilindro están unidas por una válvula ajustable. Para quitar el amortiguamiento se abren las dos cámaras, haciendo girar una placa que tiene en la parte baja. El amortiguamiento está dispuesto de tal manera, que únicamente el miembro de amortiguamiento lineal, y no el miembro cuadrático, tiene importancia en la ecuación de oscilación. La primera palanca de aluminio da un desarrollo al décuplo. Al variar en la palanca inscriptora la distancia entre la punta de la varilla de impulsión y el eje, se tiene la facilidad de variar la amplificación en los límites dados.

Todas las medidas se han tomado a fin de poder hacer todos los ajustes con la mayor facilidad; además, se ha tenido el cuidado de disponer el mecanismo inscriptor de tal manera, que los choques aun muy fuertes no puedan desarreglarlo. Según los ensayos hechos en los talleres de la casa constructora, con temblores artificiales, se ha llegado a la conclusión de que el aparato soportará aún choques de la intensidad VIII de la Escala de Rossi-Forel, sin que el registro sufra el menor desarreglo.

Los estiletes de las dos componentes hacen su trazo sobre una banda de papel que tiene una longitud normal de 90 centímetros y una anchura de 22. Se une con pegamento la banda de papel para formar un anillo, y después de haberla ennegrecido por fuera con hollín, se le coloca sobre el tambor que tiene un diámetro de 20 centímetros y se le da tensión por la parte baja por medio de un rodillo de aluminio o cartón, que tiene atravesada en su centro una varilla de latón, para servir de guía. Como rapidez en el registro normal se le ha dado al tambor una velocidad de 10 mm. por minuto, pero se puede sin dificultad darle una de 15 mm., que es muy conveniente. La banda de papel también puede tener, si se desea, doble longitud. El aparato está cubierto por una caseta de madera, cuya parte superior,





Seismógrafo Wiechert horizontal de 125 kilogramos de masa.

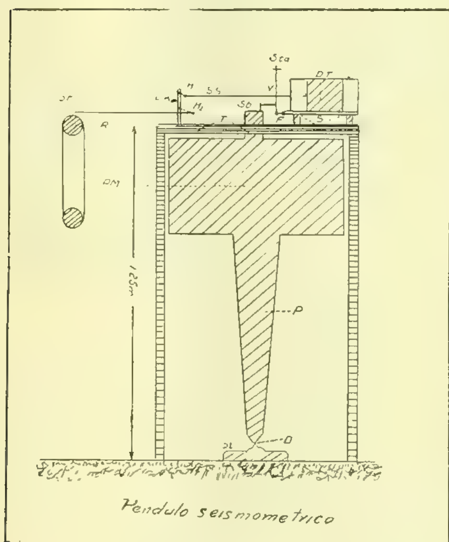
provista de cristales, se levanta para operar. Como todas las piezas están construídas por modelo, se pueden substituir en caso de ruptura.

El instrumento se monta en la superficie del suelo. Pero si éste es blando, es necesario construir un pilar o poste de betón de 115×115 cm. y cuando menos de 50 cm. de altura, y cuya superficie estará a nivel. Como precaución para evitar algunos movimientos, es bueno aislar el poste alrededor por medio de una ranura de 3 o 4 cm.

En estos aparatos se puede variar el peso de la masa estacionaria, disminuyendo el número de platillos o de los pesos laterales adicionales, teniendo así aparatos de 80, 125 y 200 kilogramos.

Seismógrafo horizontal de Wiechert de 1,200 kilogramos

Un tipo de seismógrafo, completamente diferente a los de otros autores, es el péndulo invertido del Dr. Wiechert, cuya sección nos presenta la figura adjunta.



La masa estacionaria P M, está compuesta de pesos adicionales en forma de sector, que se montan sobre un trompo; la masa es de fierro fundido y tiene un peso de 1,200 kilogramos. Esta masa tiene su punto de rotación en D, y está formado por una suspensión de resortes a la Cardán. Una porción del péndulo, en forma de eje, se proyecta sobre la mesa T, y la masa se conserva aproximadamente en equilibrio por medio de la varilla S *b*, de la varilla equilibrante S *t a*, y por los dos resortes horizontales F, por medio de los cuales está unida a la mesa T. Del punto V, de la varilla compensadora, se hace la conexión con el émbolo del amortiguador D T, por una parte, y por otra, con las palancas propulsoras H^1 y H^2 del sistema de registro, por las cuales, y con el estilete S *f*, el movimiento de la tierra, transmitido por medio de la masa, se amplifica y cambia en un plano horizontal antes de registrarse sobre el rodillo con papel ahumado R.

En esta forma de aparato el efecto de las vibraciones naturales del período del péndulo, se han neutralizado por completo por medio del sistema de amortiguamiento, y el instrumento es llamado astático.

Los aparatos de esta clase, y que en México los destinó el Servicio Seismológico para las estaciones de Tacubaya (Central), de Mérida y Zacatecas, amplifican el movimiento 200 veces y tienen un período de 8 a 10 segundos.

Estos instrumentos se han destinado únicamente al registro de teleséismos, por su extrema sensibilidad, obteniéndose con ellos registros muy buenos.

Péndulo horizontal de 17,000 kilogramos

En consideración a la fuerte amplificación deseada, se ha dado un peso de 17,000 kilogramos a la masa estacionaria. Esta está formada por una caldera cilíndrica de palastro, de fondo plano, de un diámetro de poco menos de 2 metros y de

una altura menor de 2 metros, la cual está llena de baritina (espato pesado). Para satisfacer a lo requerido, la caldera debe moverse libremente en posición horizontal. Para esto se ha suspendido de tres varillas de fierro de 3 centímetros de díametro, cuya flexibilidad elástica basta para permitir la libertad del movimiento necesario; está unida a la caldera por tres salientes laterales, que los soporta a su vez, una armadura de fierro. Los movimientos correspondientes a la armadura de la masa estacionaria son recibidos por varillas de propulsión para ser transmitidos al aparato inscriptor; para conseguir esto y como punto de partida para las varillas de propulsión, un núcleo de fierro se halla en el centro de gravedad del cilindro de fierro lleno de baritina, muy sólidamente adherido al fondo y a la pared del cilindro por medio de 24 uniones.

La figura 1 muestra la varilla de propulsión de la componente norte–sur protegida por un tubo de fierro contra la carga de la baritina. Esta varilla de propulsión mueve el estilete y cuatro palancas amplifican una despues de otra las desviaciones produciendo un total en el aumento de 2.200 veces.

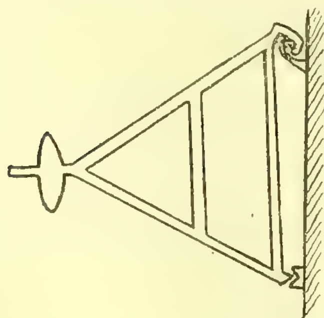
El instrumento está provisto de amortiguadores de aire y tiene un período propio de 1,5 segundos.

De estos instrumentos hay únicamente en servicio dos en el mundo, uno en la Estación Seismológica de Estrasburgo y el que se ha instalado en la Estación Central de Tacubaya. Registran movimientos de focos antipodales y su sensibilidad los hace tener siempre los estiletes en movimiento. El seismógrafo de este tipo, de la Estación de Tacubaya, registra los nortes de Veracruz y Acapulco con notable precisión. Se han obtenido con él registros verdaderamente notables, reproducidos en algunas revistas extranjeras.

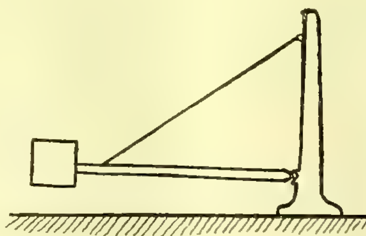
La figura número 2 nos presenta el aparato completo.

Seismógrafos horizontales de Bosch-Omori o péndulos de Estrasburgo

Estos péndulos están basados en la oscilación de una masa alrededor de un eje horizontal o tan ligeramente inclinado, que se les ha permitido denominarlos horizontales en lugar de cónicos, cuya denominación sería más exacta.

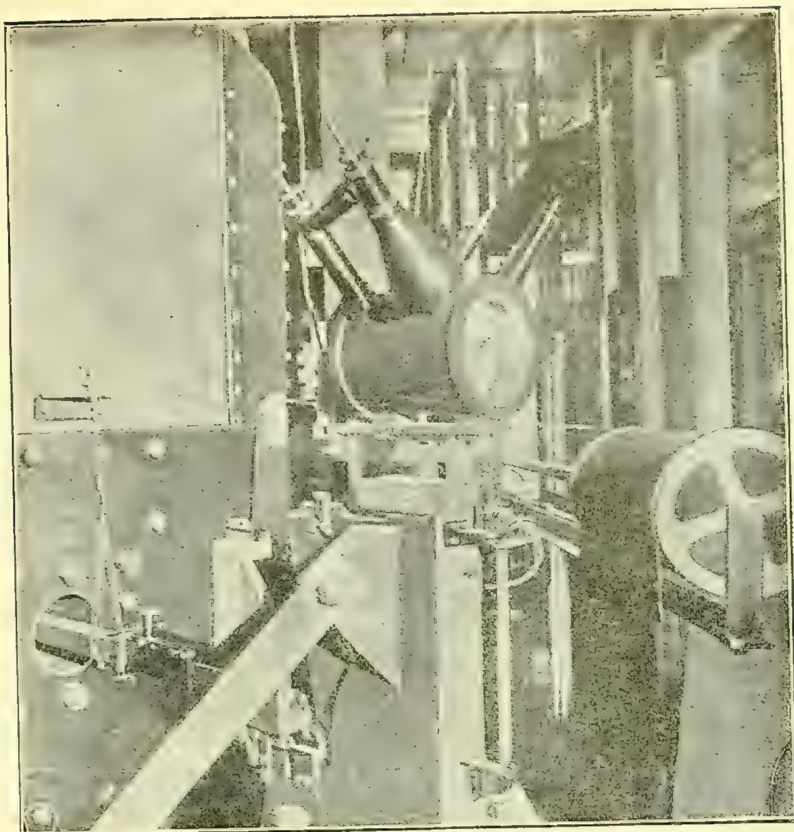


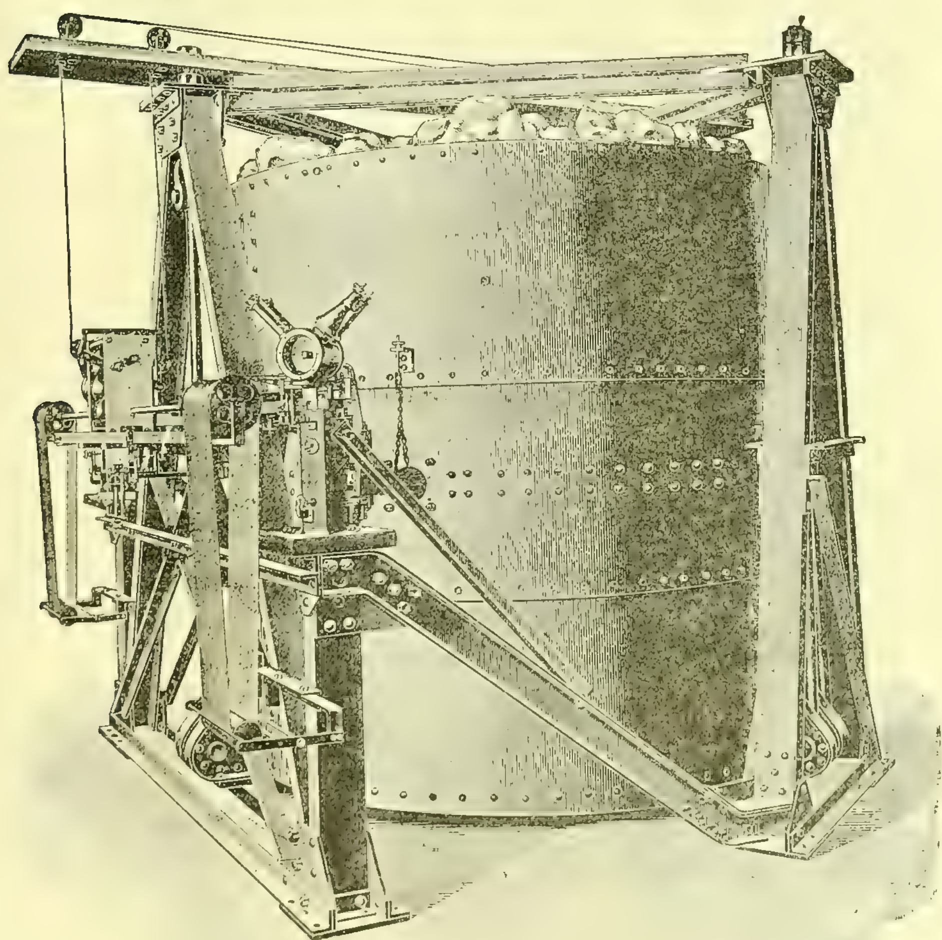
Principio del péndulo horizontal ligero.



Principio del péndulo horizontal pesado.

Supongamos una puerta, y en general todo objeto móvil alrededor de un eje inclinado o cuya verticalidad nunca llegue a estar realizada. Si en efecto, se considera uno de estos cuerpos, su equilibrio exige que estén en el plano vertical pasando por su eje. Por poco que se les desvíe tenderán a volver por una serie de oscilaciones, tanto más lentas cuanto más pequeño sea el ángulo de su eje con la vertical. Si el eje es vertical, estas oscilaciones demandarán un tiempo infinito; esto quiere

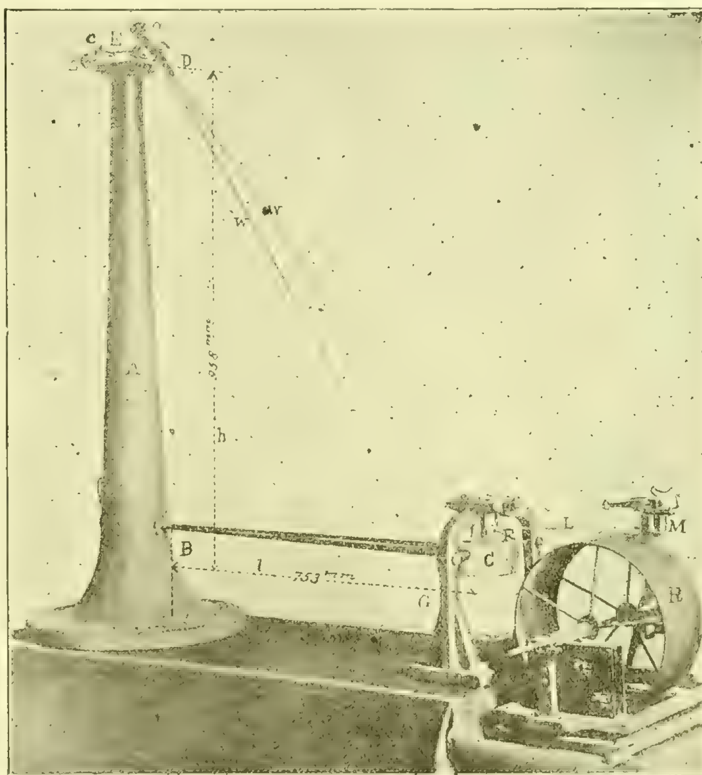




Seismógrafo Wiechert, horizontal de 17,000 kilogramos de masa.

decir que en cualquier azimut el péndulo estará en un estado de equilibrio indiferente. En este último caso no podría servir como seismógrafo, pero como se pueden hacer las oscilaciones propias tan lentas como se desee disminuyendo lo bastante el ángulo del eje con la vertical, resulta que por este medio se obtendrá un sistema seismográfico, en el cual las oscilaciones perturbarán tan poco como se desee la representación gráfica del movimiento séismico real de un punto del suelo. Dos de estos péndulos, orientados perpendicularmente el uno al otro, darán las dos componentes.

Estos péndulos horizontales, nombre que hemos convenido en darles, se dividen en pesados y ligeros; estos dos tipos corresponden a exigencias seismológicas diversas, y el mayor número de los seismógrafos modernos, actualmente en servicio, se derivan de ellos. Los primeros están constituídos por medio de una masa montada en una varilla horizontal rígida, apoyada por su extremidad opuesta a una columna vertical, y sostenida con un hilo oblicuo unido al vértice de ésta. Los péndulos ligeros están formados de un marco metálico triangular enganchado por la parte alta a la columna y simplemente apoyado sobre ella por la parte baja; la masa está colocada en el vértice del triángulo opuesto a la columna. La ventaja mayor de los péndulos horizontales consiste en que la lentitud de sus oscilaciones no depende de ningún modo de sus dimensiones, como sucede en los péndulos verticales.



Los péndulos anteriormente descritos, sirven únicamente para la determinación de los componentes horizontales y en estos principios se han basado los Bosch-Omori, cuyo funcionamiento claramente se explica en las figuras.

La masa está compuesta por un pesa cilíndrica C, unida a una varilla tubular B, la cual termina en un punto formado por un pivote de acero, en la columna A.

La varilla tiene en ese extremo una chumacera o godete de ágata. La masa está sostenida por unas bridas de alambre *ww*, las cuales se hallan sujetas arriba por un tornillo que permite regularizar el ángulo de inclinación de la varilla que sostiene la masa.

En el rodillo o tambor R, se coloca una tira de papel ahumado, donde la palanca amplificadora L, traza los movimientos de la masa C. El tambor R tiene dos movimientos: uno de rotación y otro de translación, así es que la huella que deja el estilete sobre el papel ennegrecido es una elipsoide. Un electroimán M, marca el tiempo sobre esta huella del estilete.

Péndulos horizontales, sistema Bosch, con amortiguador de aire y de registro fotográfico

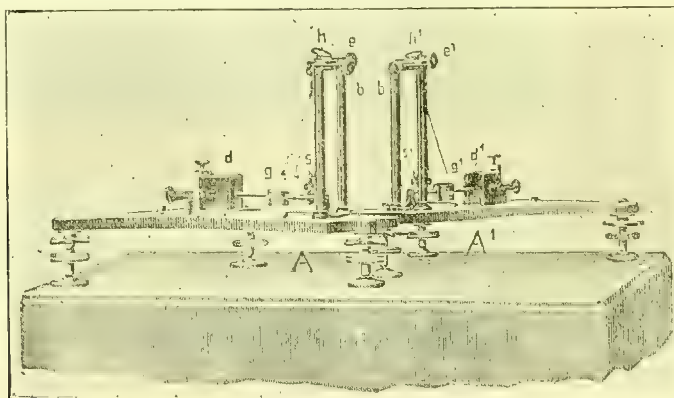
El péndulo horizontal de registro fotográfico acusa todos los movimientos del suelo, ya sea que provengan de perturbaciones séismicas próximas o lejanas, ya que los movimientos provengan de otras causas.

Cada componente forma un instrumento aparte, y como los Bosch-Omori, ya descritos, están basados en el mismo principio, por lo que omitimos repetirlo. Las dos componentes se colocan en ángulo recto, una en dirección Norte-Sur, y la otra perpendicular a ésta, o sea en dirección Este-Oeste.

Sobre una placa horizontal, de fundición, provista de 3 tornillos nivelantes, están montadas 2 columnitas fuertemente sostenidas, de latón A y A^1; se han empleado dos con el fin de evitar toda vibración. Los vértices de estas columnitas están ligados por un pequeño soporte, que permite dar tres movimientos, hacia adelante y hacia atrás, lateralmente y oblicuamente, a lo alto y a lo bajo. En este soporte se ha fijado en e^1, con ayuda de una suspensión bifilar, el peso g del péndulo.

La varilla del péndulo termina en un godete cónico de ágata que se apoya contra una punta de acero. Un dispositivo de detención protege la punta durante el montaje del aparato. El péndulo se regulariza por los 3 movimientos del soporte. El movimiento hacia atrás y adelante y el movimiento lateral, permiten regularizar exactamente la posición del punto de suspensión; el movimiento de lo alto a lo bajo regulariza la sensibilidad. El péndulo se coloca horizontalmente con ayuda de una rueda dentada h y h^1.

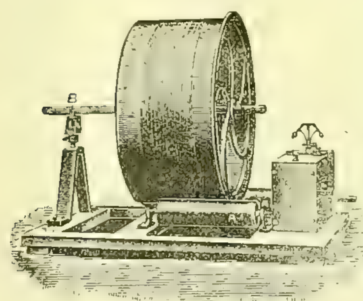
De la exactitud de las puntas, godetes y dispositivos de regularización depende la duración de las oscilaciones del péndulo. A medida que son mas lentas, el péndulo quedará más sensible. La longitud del péndulo es de 6 cm, desde la mitad del peso hasta el punto de apoyo; de allí al punto de suspensión, la distancia es el triple de la longitud anterior, o sea igual a 18 cm. La duración de una oscilación vertical es de 0,560 segundos, la de una oscilación horizontal, de 10 a 13 segundos. La masa estacionaria pesa 200 gramos. Para 4 metros de distancia, entre el aparato de registro y los péndulos, la amplificación es de 1 : 120. El espejo s está fijo en el punto de apoyo de los péndulos; se arregla en sentido vertical y horizontal para permitir proyectar exactamente sobre el rodillo de registro los puntos luminosos por el centro de la lente cilíndrica. El radio de curvatura de los espejos es de 4 metros, pero se pueden emplear espejos de dos metros de radio, siendo entonces la amplificación de cerca de 1 : 60. Esta amplificación es suficiente para poder registrar con gran exactitud los movimientos séismicos hasta de cierta categoría o grado.



Para suprimir las oscilaciones propias del instrumento, se ha empleado un amortiguador de aire. Este está compuesto por una doble hoja de aluminio y ligada al peso del péndulo por medio de un pequeño tubo y metida en una cajita de forma cúbica. Al cerrar más o menos los orificios practicados en las paredes de esta cajita, se puede variar el amortiguamiento de las oscilaciones hasta hacerlas periódicas. Con ayuda de tornillos micrométricos, la cajita puede ser desalojada en sentido vertical y horizontal y de esta manera adaptarla a la posición del péndulo, cuando sea necesario arreglarla.

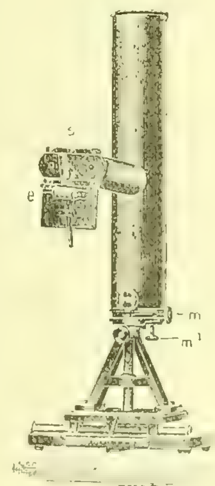
Para la circulación del aire, la cajita está provista de dos pequeños orificios que tienen una tapita móvil.

Aparato registrador.—El pequeño rodillo A es movido por un sistema de relojería y regularizado por un regulador de fuerza centrífuga; un segundo rodillo A^1, de las mismas dimensiones, está montado independientemente del primero, sobre el mismo bastidor y gira alrededor de su eje. Entre estos dos rodillos está colocado un tambor grande, con un borde saliente. Del lado opuesto a este borde, el eje está provisto de paso de tornillo de 3 mm. Esta parte del eje descansa sobre dos ruedas biseladas que se meten en el paso de tornillo. El tambor tiene 90 cm. de circunferencia y descansa por un lado sobre los dos rodillos chicos, del otro descansa sobre las ruedas biseladas B. Es movido por la fricción y da una revolución completa en una hora, desalojándose 3 mm. en la dirección de su eje. El movimiento del tambor, así como el desplazamiento axial, son completamente regulares y seguros.



Alrededor del tambor se coloca la tira de papel sensible, y se asegura por medio de un hilo metálico. El instrumento de registro está cubierto por una caja de madera que tiene en la pared delantera una ranura con una lente cilíndrica plano-convexa, la cual se halla a la altura del eje del tambor. Esta lente tiene una distancia focal de 5 cm.

La figura 3 nos presenta la lámpara eléctrica. Un pie triangular sostiene la lámpara por medio de un soporte móvil. Por medio de un tornillo *m*, se puede hacer dar a la lámpara una vuelta completa, alrededor de su eje, de manera que la abertura S, describe un círculo horizontal. Esta lámpara está provista de una bombilla o foco de Nerst, de corriente continua o alternativa de 220 volts, y fija en el interior de un tubo. El tornillo m^1, sirve para colocar perpendicularmente el hilo metálico incandescente del foco. La longitud del tubo se arregla como telescopio. En su interior se halla una abertura, en el interior y enmedio, una lente acromática que proyecta la imágen del hilo incandescente sobre la abertura. Por encima de esta abertura está colocado un electroimán, en combicación con el reloj de contactos. A cada minuto u hora el circuito se cierra, y el electroimán atrae una armadura que termina en una hoja de latón; ésta intercepta la luz mientras dura el contacto y de esta manera se registra el tiempo exacto.



Seismógrafo Wiechert, vertical de 80 kilogramos

Este seismógrafo tiene gran parecido por su construcción, con el gran seismógrafo vertical del Prof. Wiechert, pero su masa estacionaria no es más que de 80 kilogramos. Como el instrumento grande tiene amortiguamiento de aire, compensación de temperatura, cualidades astáticas regularizables y una amplificación variable entre 40 y 160 veces; el período T, de vibración es susceptible de ser aumetado hasta 6 segundos.

Un brazo de palanca horizontal, del cual el eje vertical está formado por atravesaños, sostiene la masa estacionaria en el extremo opuesto del eje. En su medio la palanca está suspendida con una tensión de 160 kilogramos, por un resorte en espiral, construído de acero de 14 milímetros y cuyas vueltas tienen un diámetro de 20 centímetros. El punto de operación para obtener las cualidades estáticas se encuentra abajo del centro de gravedad. En la parte de arriba, el resorte está suspendido por una palanca que se apoya en un punto conveniente, sobre una rejilla de zinc y fierro, y que sirve para la compensación de la temperatura. $\frac{1}{10}$ de grado de cambio de teperatura sin este sistema compensador bastará para causar una desviación de 3 centímetros. Con el fin de proteger el aparato contra la intemperie, su parte superior está encerrada en una caja, cuyas paredes dobles están rellenas de material aislante.

La palanca de la masa estacionaria está sostenida por una varilla de impulsión que parte de un brazo vertical del porta-peso y transmite el movimiento sobre la doble palanca de aluminio. Esta doble palanca, el dispositivo del estilete, el amortiguamiento y el mecanismo registrador, tienen una construcción parecida a esas mismas partes del seismógrafo horizontal, modelo chico, de Wiechert; y como en este último instrumento, todas las uniones se componen de resortes y puntas. El movimiento es convertido en horizontal, por cuatro resortes de acero, dispuestos en Cardán y que se hallan abajo del brazo de palanca que lleva el movimiento al estilete, y unidos a la armadura o bastidor del instrumento.

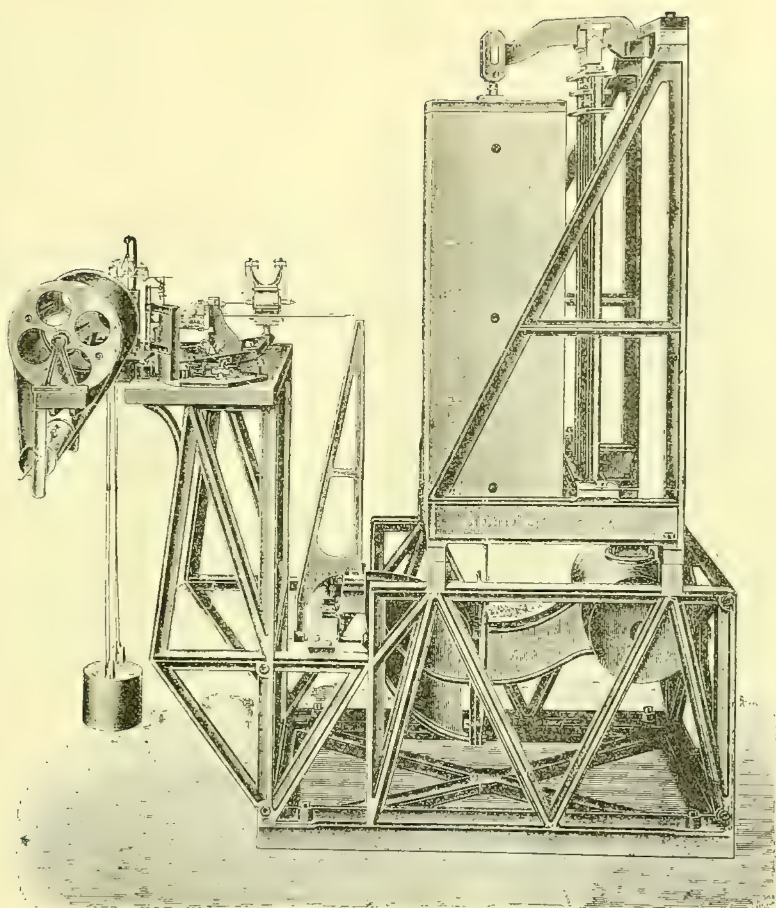
Como el aparato es bastante sensible a los cambios de temperatura, es indispensable montarlo en lugares donde estos cambios no sean bruscos.

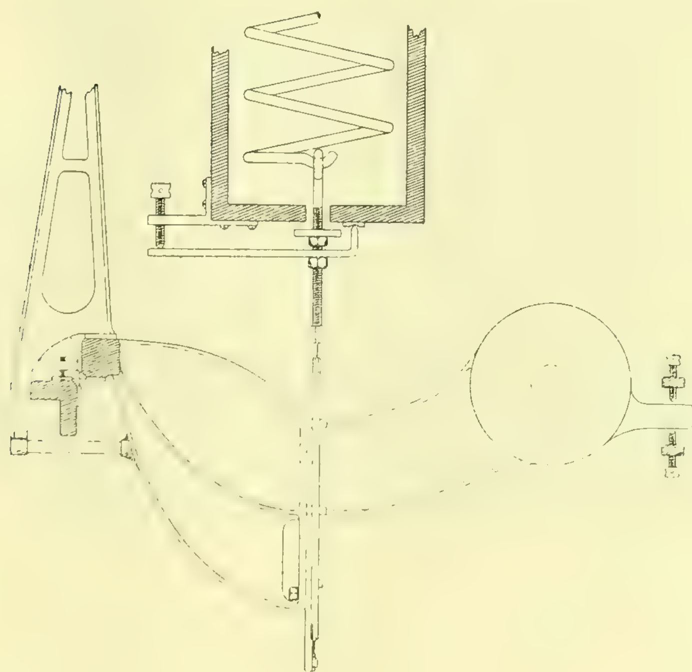
Las figuras 1 y 2 nos dan una idea perfecta de este modelo.

Seismógrafo vertical de Wiechert de 1,300 kilogramos

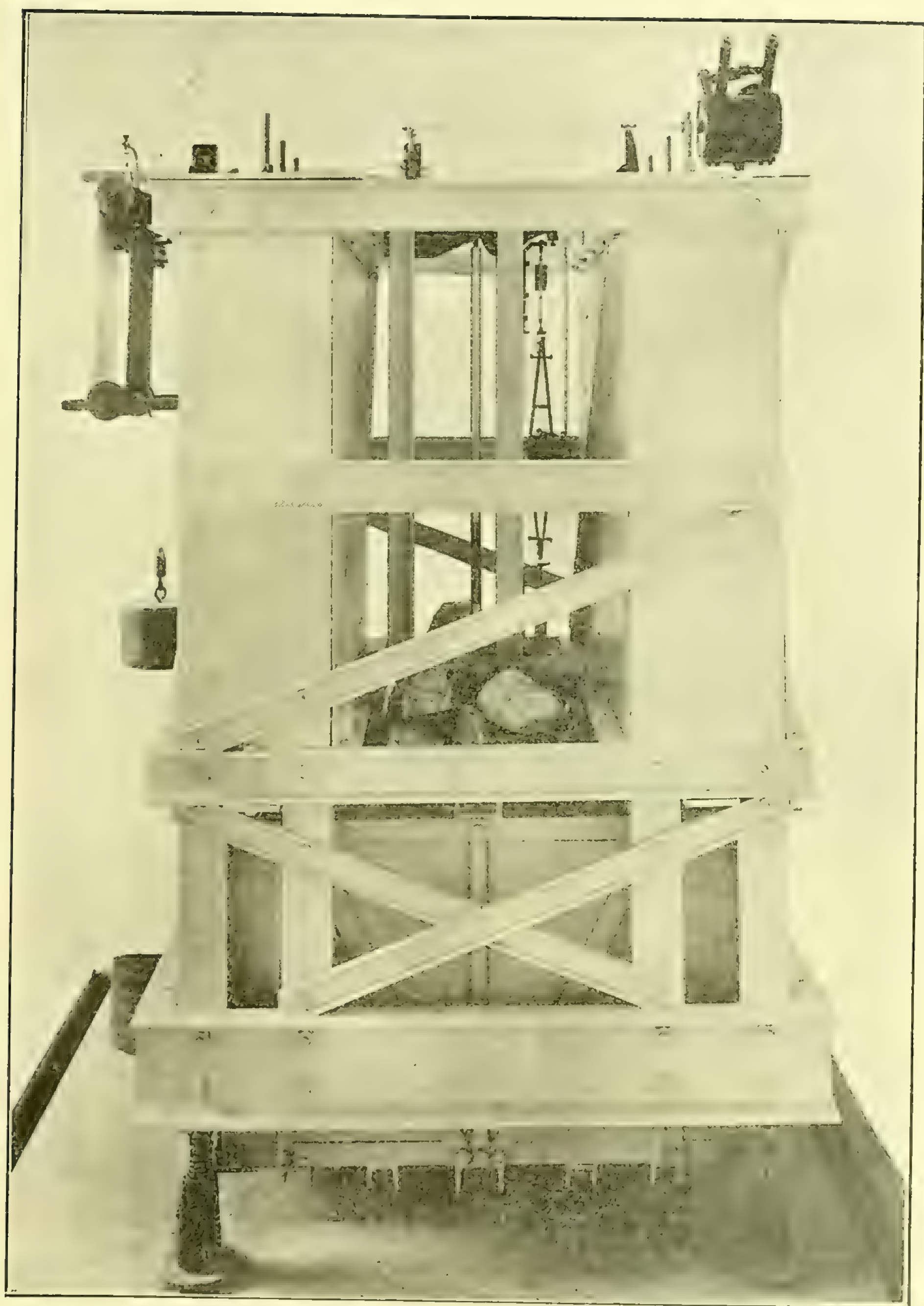
La masa estacionaria de este instrumento es de 1,300 kilogramos, tiene una amplificación de 160 veces y generalmente trabaja con un período de 4 a 7 segundos.

La masa estacionaria esta formada por una caja de lámina de fierro y que en la ilustración se ve, comprendida entre los pies o gatos que sostienen el aparato. Esta caja se halla llena de baritina y a veces para completar el peso se le añaden unos cuantos pedazos de hierro o plomo; está sostenida por 8 resortes en espiral que trabaján en grupos de 4 dentro de dos cubiertas opuestas. Para proteger estos resortes contra los cambios de temperatura y para impedir todo trastorno serio si un resorte se rompe, están reguardados en una caja o cubierta de 25 centímetros. Desde luego se reconocen estas dos cajas en la figura. Los resortes están hechos de acero de la casa Krupp con un grueso de cerca de 14 milímetros, teniendo las vuel-





Seismógrafo Wiechert, vertical de 80 kilogramos de masa.



Seismógrafo Wiechert, vertical de 1,300 kilogramos de masa.

tas un diámetro de 20 centímetros; cada resorte pesa 8 kilogramos y al estirarse bajo el peso de la carga de 160 kilogramos se alargan cerca de 36 centímetros.

Los movimientos verticales de la caja con baritina que forma la masa estacionaria, son transmitidos por una varilla de propulsión que opera en el centro de gravedad, a lo alto con ayuda de un sistema de palancas y recibidos sobre el brazo inscriptor. Una sencilla disposición permite hacer astático el sistema con el empleo de la fuerza del resorte, colocar el período de oscilación en el valor requerido, mientras el efecto final elástico de los resortes de soporte da un límite, pues no se lograría pasar de 7 segundos (correspondiendo a un «astasismo» de 30 veces).

A causa de la elasticidad de los resortes, la variación de la temperatura daría a la sensibilidad ya aplicada una desviación de cerca de 70 centímetros, y por esta razón se ha intercalado una compensación de temperatura empleando la diferencia de la expansión del fierro y del zinc.

La comparación de los registros de este aparato vertical con los del horizontal ha dado lugar a conclusiones muy notables; y aunque aquí no trataremos esto, si es preciso mencionar que el aparato vertical registra a menudo mejor los primeros indicios o tremors de los temblores a gran distancia, que aun el propio seismógrafo horizontal de 17,000 kilogramos, cuya sensibilidad es extrema y que amplifica 2,000 veces.

Una comparación de los registros comprueba de manera cierta que las ondas principales se propagan a lo largo de la superficie de la tierra.

Apuntes sobre el Tromómetro de Wiechert-Mintrop para estudiar los movimientos rápidos del suelo

Este instrumento sirve para registrar las vibraciones artificiales y movimientos rápidos del suelo, tales como los producidos por el paso de trenes, corrientes de aire, martinetes, trabajos de minas, máquinas, etc. Por lo tanto, puede ser poderoso auxiliar en manos del ingeniero y del constructor.

Impropiamente se le ha dado el nombre de «seismógrafo,» por algunas personas; y si bien es cierto que registraría temblores, como cualquier seismógrafo verdadero, lo complicado de su sistema de registro, la poca duración de la película al desenrollarse, (20 minutos más o menos) y el elevado precio que tendría trabajando constantemente, como todos los seismógrafos de registro fotográfico, no permiten usarlo sino para lo que su autor lo destinó.

Las oscilaciones del suelo producidas por las grandes máquinas modernas, cuyas masas, animadas de fuertes movimientos, ya horizontales, ya verticales o trepidatorios, dan con frecuencia lugar a quejas por parte de los vecinos cuyas casas se ven sujetas a un continuo sacudimiento, molesto para las personas y muchas veces perjudicial para las construcciones, son registradas por el tromómetro. Estos movimientos del suelo pueden ser más o menos fuertes, según la naturaleza y constitución del subsuelo. Sobre un suelo compacto y duro, el efecto es débil, en tanto que las capas horizontales estratificadas, particularmente las de arena y aluvión, fácilmente vibran y se mueven. Las grandes instalaciones motrices intentan remediar estos inconvenientes, construyendo macizos de cimientos gruesos y profundos que absorben las fuerzas de aceleración transmitidas al suelo por las máquinas, o reducen la velocidad de ellas, y emplean muchas veces dispositivos costosos para compensar en parte la acción de las masas.

Pero la naturaleza de propagación de las oscilaciones cerca o lejos de las máquinas, es poco conocida; no se han hecho medidas absolutas, de suerte que la amplitud de los movimientos del suelo se ignora; por lo mismo, los peritos no tienen conocimientos para dictaminar sobre la influencia perjudicial de las oscilaciones, que, como acontece con mucha frecuencia, es grande.

Podría hacerse un estudio sobre los movimientos o vibraciones ocasionados por toda clase de máquinas, para saber cuáles de ellas pueden instalarse dentro de las ciudades sin perjuicio de las construcciones.

Pasemos a la descripción del tromómetro Wiechert-Mintrop.

La figura 1 representa una vista particular del aparato; por encima, ligado con el tromómetro por un fuelle de cámara, se encuentra el mecanismo registrador. El armazón o bastidor del instrumento es de fierro; está reforzado por placas, y reposa en tres tornillos calantes, como se ve en la figura 1, sobre una fuerte plancha de base, de fierro, de forma triangular, que debe quedar sujeta al suelo tan sólidamente como sea posible. La masa estacionaria que tiene un peso de 12 kilogramos, se compone de un cilindro de latón relleno de plomo, que descansa en una acanaladura, y a la cual se sujeta por pinzas semicirculares con mariposas. Todo el sistema está sostenido por resortes cruzados, siguiendo la disposición bien conocida del Dr. Wiechert y empleada en sus seismógrafos.

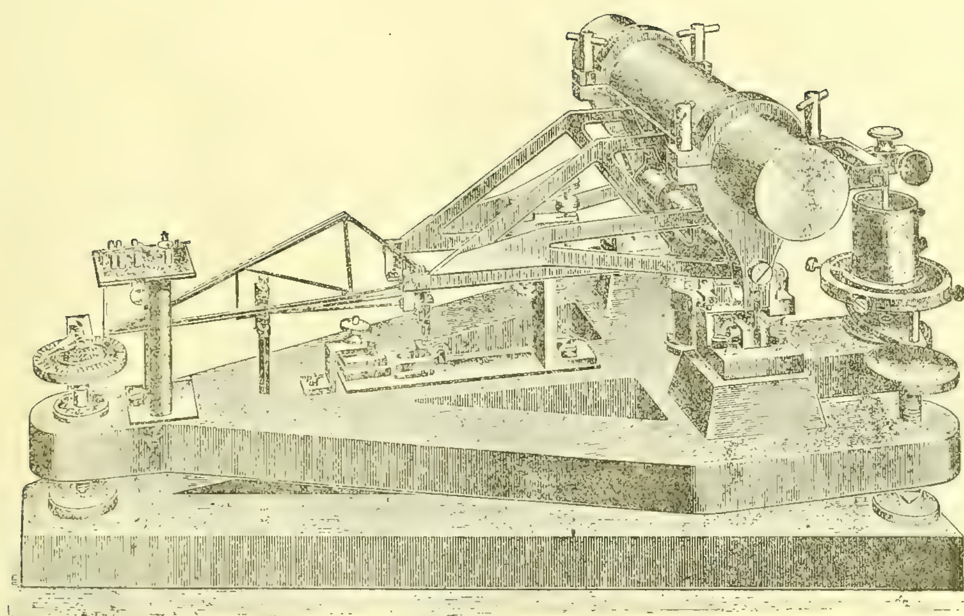
Las oscilaciones del péndulo son recibidas por los brazos y transmitidas por un doble sistema de resortes de lámina, cruzados, a la palanca de aluminio de brazos desiguales. Esta palanca se apoya sobre un resorte de lámina; de esta manera se evita todo frotamiento en las articulaciones, y además, tiene otros resortes, de lámina también, destinados a recibir las tensiones nocivas. La pequeña columna puede ser fácilmente desalojada hacia arriba.

En la figura 1 se puede ver la disposición del amortiguador. El frotamiento interior de la parafina líquida da la fuerza destinada a amortiguar, destruyendo las oscilaciones propias del péndulo. (La relación de amortiguamiento, que puede ser ejercida a voluntad, la dan la densidad del líquido que se coloque en el vaso del amortiguador y la mayor o menor inmersión del émbolo.)

El instrumento funciona como sigue: los desalojamientos del suelo, que se producen, se transmiten por la plancha de base al armazón y lo mueven en el mismo sentido. Pero la masa estacionaria permanece, desde luego, en reposo a causa de su inercia, o, en otras palabras, la masa del péndulo se mueve relativamente al armazón o bastidor, pero en sentido inverso, haciendo girar los brazos y la palanca de aluminio. El movimiento, horizontal al principio, es transformado en movimiento vertical; al mismo tiempo sufre una amplificación de 40 veces, por medio de la palanca.

La amplificación mecánica está unida a una amplificación óptica, y el movimiento vertical es transformado en el movimiento de rotación de un espejo suspendido. Este espejo reposa, por dos finos pivotes de acero, en las cápsulas de ágata de dos columnitas que descansan en una placa fija.

Una tercera punta se encuentra en la cápsula de la pequeña biela de empuje que atravesando la placa llega a la palanca. La rotación del espejo y por consecuencia la amplificación óptica pueden ser arregladas en límites bastante amplios, por una conveniente separación de las puntas. Pueden verse en la figura 1, cuatro columnas a las distancias de 5, 10, 20 y 40 mm. de la tercera punta.



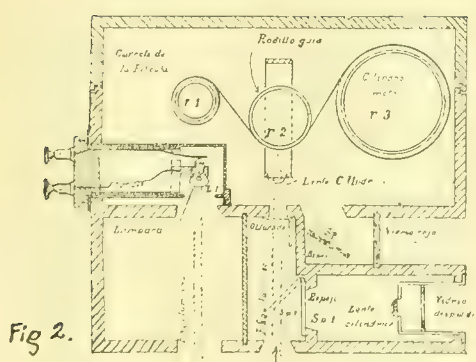

Rodillo guia
r 1
r 2
r 3
Lente Cilind.
Lampara
Espejo
Sol
Lente
cilindrica
Vidrio
despulido

Fig 2.

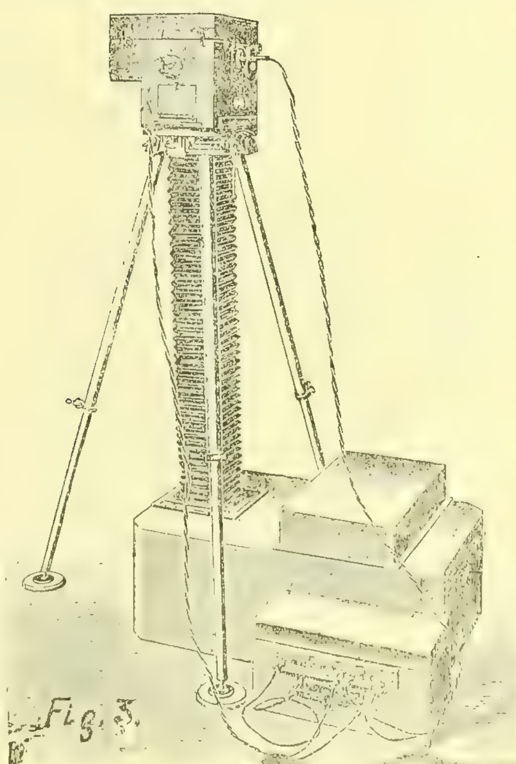


Fig. 3.

La amplificación óptica es determinada, además, por la longitud del rayo luminoso: es dada por el cociente:

$$\frac{\text{camino recorrido por el rayo luminoso}}{\text{distancia entre el eje de rotación del espejo y el punto de ataque}}$$

La amplificación total es dada por el producto de la amplificación mecánica y de la amplificación óptica. En el caso presente el radio de curvatura del espejo cóncavo es de 1,000 mm.; la amplificación total del instrumento es, pues, de

$$\frac{40 \times 1{,}000 \times 2}{40 \text{ o } 20 \text{ o } 10 \text{ o } 5} = 2{,}000,\ 4{,}000,\ 8{,}000$$

y 16,000 veces.

Las cifras así calculadas no indican todavía la amplificación real del instrumento, pues será preciso aún considerar la masa resultante de la suspensión, que sea posible determinar por el cálculo o la experiencia. Un medio bastante sencillo consiste en deducir la amplificación, de la sensibilidad de inclinación observada sobse el instrumento. Si

T_0 es el período propio del péndulo,

L su longitud equivalente, en metros,

V la amplificación del indicador,

E la sensibilidad de inclinación en milímetros por segundo de arco, y

J la longitud del indicador equivalente en metros, se tienen las relaciones siguientes:

$$L = \left(\frac{T_0}{2}\right)^2$$

$$J = \rho E, \text{ siendo } \rho = 206'' \text{ o } 265''$$

$$V = \frac{J}{L}$$

T_0 está calculado en segundos. L y J en metros y E, en milímetros.

T_0 y E pueden observarse directamente; en el instrumento descrito, el período es igual al doble de la duración de la oscilación, o sea poco más o menos un segundo; la sensibilidad de inclinación es de 1 a 15 mm. por segundo de arco, según la amplificación.

El instrumento ha sido construído para registrar las oscilaciones del suelo de amplitud y de período determinados. (Amplitud se llama a la distancia que recorre una partícula terrestre desde su punto de reposo al medio. Período es el tiempo que invierte la partícula en una oscilación completa.)

Las constantes pueden ser elegidas de manera adecuada para el movimiento que se vaya a estudiar. Para movimientos de período muy corto, es conveniente dar al registrador una velocidad alta para poder hacer bien las medidas.

Los movimientos del punto luminoso son registrados por una película fotográfica, como en los aparatos cinematográficos. Una lámpara de 4 voltios (L_1 en la figura 2) de filamento metálico recto, envía un rayo luminoso sobre el espejo cóncavo, el que lo reenvía sobre la lente cilíndrica, por el foco de la cual pasa la película fotográfica. Esta película se desenrolla de la bobina r_1 (figura núm. 2) bajo el rodillo-guía y tensor r_2 y va a enrollarse sobre el tambor r_3, que tiene un piñón por el cual recibe el movimiento de un sistema de relojería, cuya energía está almacenada en una fuerte cuerda de cinta de acero. Puede hacerse variar la veloci-

dad del registro de 0,5 a 100 mm. por segundo, por medio de algunas relaciones de la transmisión y por la reglamentación de la resistencia del aire, en el regulador de aspas, de manera que las más pequeñas oscilaciones puedan ser registradas. La película no se desenrollará en toda su extensión con un movimiento uniforme, porque la tensión de la cuerda disminuye gradualmente y porque las resistencias de frotamiento totales varían constantemente. Por esta razón ha sido preciso indicar con marcas especiales el tiempo.

La luz de la lámpara es enviada por un espejo cóncavo fijo sobre la misma lente cilíndrica, que recibe también el rayo luminoso móvil; de esta manera, una línea de base es proyectada sobre la película a un lado de la curva. Un cronómetro de contactos al segundo abre y cierra periódicamente el circuito de la lámpara, de manera que la línea de base queda interrumpida a intervalos regulares.

Como el registro es fotográfico, es necesario que la luz exterior no pueda penetrar. La caja–cubierta no está unida ni toca en ningún punto al péndulo y el fuelle no transmite al instrumento ninguna trepidación del movimiento de la relojería del sistema de registro. Las extremidades del tripie descansan en placas de goma.

En el interior de la caja de registro se encuentra un espejo plano giratorio Sp_1 (figura 2) que está en posición vertical durante la exposición y que sirve de tapa de cerradura. Cuando el espejo ha girado 45°, el rayo luminoso que viene de la parte baja es desviado en ángulo recto y viene a formar un punto sobre el vidrio despulido, después de haber atravesado la lente cilíndrica. Así se pueden seguir a la simple vista los movimientos del punto luminoso sobre el vidrio despulido. Igualmente se puede, al mismo tiempo, observar y fotografiar. En efecto, al mismo tiempo que el rayo luminoso se imprime sobre la película, se refleja sobre el espejo plano Sp_2, de manera que se puede observar en el exterior a través del vidrio rojo.

El aparato registrador puede deslizarse sobre el plato del tripie, perpendicularmente al plano de oscilación del péndulo; además, el tornillo calante delantero permite a las normales del espejo tomar inclinaciones en el plano de oscilación, de manera que la posibilidad de estos dos movimientos reunan casi las ventajas de un desalojamiento por correderas cruzadas. La manera de hallar el haz luminoso, que es difícil, aquí se hace muy rápidamente, con ayuda de un buscador de vidrio despulido que se sitúa en el lugar del tamborcito que tiene la lente cilíndrica. Hallado el punto luminoso, se quita el buscador y se coloca el rodillo antes mencionado.

El movimiento de relojería se puede manejar desde afuera. Un contador indica el número de vueltas de la bobina que enrolla la película, es decir, el desarrollamiento de esta última. Cuando el registro ha terminado, se enrolla la película expuesta en su carrete, de manera que entonces se puede cambiar en plena luz.

Para observaciones dilatadas, en vez de película puede prepararse una tira bastante larga de papel sensible, que ahorra la molestia de estar cambiando carretes de película. En ese caso se dará cuerda cuantas veces sea necesario.

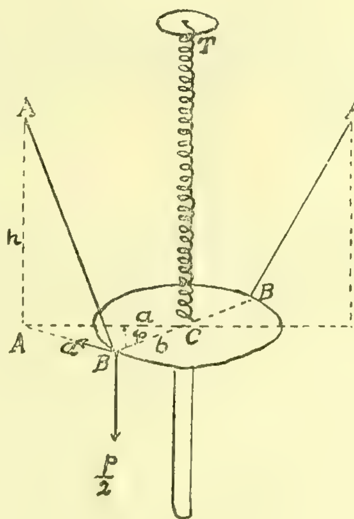
El tromómetro es fácil de transportar y está construído como instrumento de viaje, pero puede usarse para estudios permanentes en lugar acondicionado para ello.

Gravimetro Trifilar de Schmidt

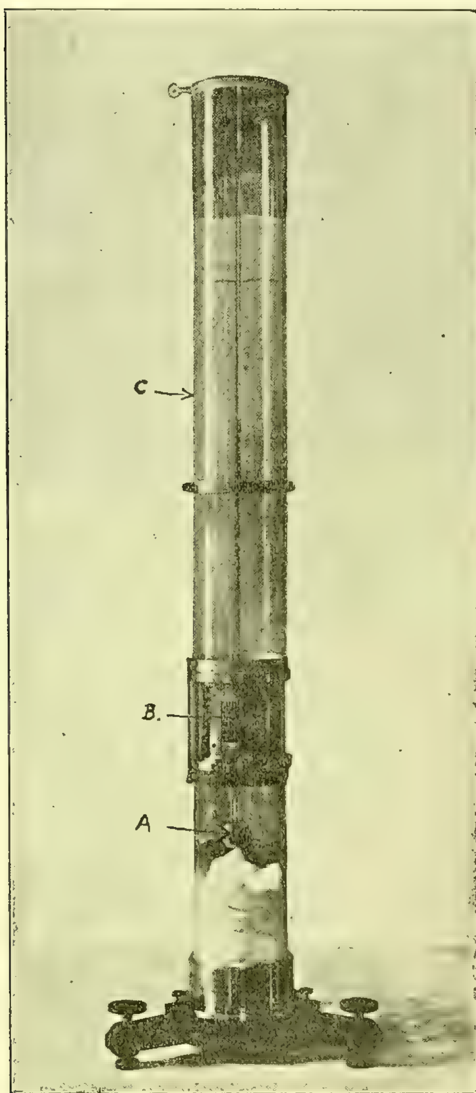
El autor de este instrumento cree que se puede establecer un seismómetro sensible para la componente vertical de los movimientos del suelo, haciendo uso de la fuerza de un resorte torcido en lugar de la fuerza magnética. Experimentando la realización de esta idea, adquirió la convicción de que de hecho se puede construir tal aparato, en caso de necesidad, con poco costo, y que este aparato en una posición fija será capaz de dar una sensibilidad mayor que la necesaria, siendo el movimiento vertical lo más posible independiente del movimiento horizontal.

En sus principios difiere el instrumento de todos los otros seismómetros, por eso es que no determina la actitud de la sacudida ni su velocidad, sino su aceleración; además, no contiene como los otros aparatos una masa inerte que sea casi independiente de los movimientos que hay que medir y cuyo desalojamiento respecto de las masas movidas con el suelo, se tiene que medir. Al contrario, todas las partes del instrumento deben lo más posible participar del movimiento del suelo del lugar de observación; pero las variaciones de cantidad de la aceleración vertical deben notarse por medio de un azimut cambiable de una masa movible en torno de un eje vertical.

El magnetógrafo bifilar anota ya esto con una sensibilidad mediana, porque en este aparato están en equilibrio dos momentos de rotación, de los cuales uno tiene su causa en la fuerza del magnetismo terrestre (con dirección fija) y el otro la tiene en la fuerza vertical de la gravedad. El azimut variable del imán suspendido es la expresión de las condiciones variables de estas dos fuerzas en equilibrio. Si el aparato de Schmidt tuviera solamente por objeto comprobar experimentalmente que el magnetómetro bifilar debe ser sensible para la componente vertical de los sacudimientos terrestres, ya estaría por esta sola razón justificada su construcción. La particularidad de que el resorte cuya fuerza obra en lugar del magnetismo terrestre, no posea como éste un azimut determinado, y además, la posibilidad de arreglar las masas de tal manera que el momento de inercia sea reducido a un mínimum, permite dar a este seismómetro trifilar una sensibilidad mayor que la que tiene el otro magnetómetro.



El dibujo esquemático adjunto, cuyas dimensiones en dirección vertical son muy reducidas, y en el cual se cambió la suspensión trifilar, que prácticamente da mejor resultado, por un bifilar para que sea el dibujo más claro, enseña un disco ligero, horizontal, unido a un peso de forma cilíndrica. El sistema de espejos fijados en la parte baja del cilindro que sirve para la lectura o el registro fotográfico, no se ve en el dibujo, así como todas las partes del tripie que sirven para suspender el instrumento. El peso P está suspendido por dos diferentes suspensiones: la mayor parte del peso, por un resorte T C, de un gran número de vueltas y hecho de un alambre de acero, cuidadosamente templado, la parte menor por dos (respectivamente 3) hilos A B, que están en los puntos fijos (A) del tripie y en los puntos (B) de la periferia del disco que está con el peso P.



Cuando el resorte no está torcido, los hilos A B, toman posición en un plano vertical que pasa por el centro C del disco. Si se da al resorte, por rotación de la placa de torsión T de un ángulo α una torsión adecuada, el disco con el peso gira un ángulo horizontal φ más pequeño que α y tanto más pequeño cuanto más suave es el resorte elástico, es decir, cuanto más pequeño es el momento de torsión D, el cual implica una torción de un grado del resorte al peso colgante. Se establece el equilibrio en la masa colgada entre dos momentos de torsión, uno causado por el resorte $x = (\alpha - \varphi)$ y el otro Y, causado por la parte del peso que no está soportada por el resorte.

La fotografía nos muestra el instrumento completo, y en ella puede verse dentro del tubo de cristal C el resorte, teniendo en el punto B un espejo. La masa A es una ampolleta de cristal llena de mercurio.

A causa de lo fino de los hilos no se ve con claridad el sistema de suspensión trifilar. Cuando hay algún movimiento, el resorte trabaja en sentido vertical, pero el sistema de suspensión cambia el movimiento en horizontal, haciendo girar el espejo, que recibe el rayo luminoso de una lámpara eléctrica, para enviarlo a un rodillo, con papel sensible, de igual manera que en los instrumentos de Bosch, fotográficos.

Determinación de constantes

«De acuerdo con la teoría de los seismógrafos (Véase E. Wiechert, Gerland's Beitrage zur Geophysic, vol. supplementaire I, 1902, p. 264–280, physical, Zeietschrift 1900-1901, 593–96 y 605–609), las amplitudes siguientes deben tenerse en cuenta en cuanto a su importancia:

T, L, I, E, V, R, r, e,

teniendo los significados siguientes:

T, período muerto del instrumento, en segundos.

L, longitud del péndulo equivalente en metros.

I, (J), longitud del indicador equivalente en metros.

E, desviación para un segundo de arco de inclinación, en mm.

V, amplificación del indicador.
r, pérdida de amplitud por rozamiento del estilete, en mm.
e, determinación de la relación de amortiguamiento.

Entre las diferentes amplitudes existe una relación de continuidad de manera que sólo hay por determinar 4 constantes, particularmente. Se puede admitir como bastante axacta la fórmula siguiente:

$$L = \left(\frac{T}{2}\right)^2;\ I = 206\ E;\ V = \frac{I}{L};$$

por otra parte,

$$R = \frac{r\ 100\ M}{LV^2},$$

si R representa la resistencia por frotamiento en la punta del estilete en mm. y M la masa estacionaria en kilogramos.

El período T, la sensibilidad E, la relación de amortiguamiento e, y la pérdida de amplitud por rozamiento r, se pueden determinar directamente más aún, M, cuando se desee conocer R.

1). *Determinación del período* T.—T comprende el período completo, es decir, la duración total de una doble oscilación, el tiempo de vaivén, es decir, el período durante el cual el amortiguamiento se ha interrumpido. Por consecuencia, se descarta el amortiguamiento para la componente a la cual se va a determinar el período (únicamente a esta componente), invirtiendo la palanca E (hoja I, fig. VI de las instrucciones para montar el aparato) se toca después suavemente la doble palanca de aluminio A (hoja II de las mismas instrucciones) de esta componente, y se mide el período oscilatorio por medio de un reloj de detención instantánea, observando una serie de oscilaciones. Es conveniente y exacto considerar como límites de las oscilaciones los momentos de retorno del movimiento.

Principiando, por ejemplo, la observación en el momento de regreso del lado derecho, el intervalo hasta el próximo momento de regreso dará T, el intervalo hasta el próximo momento de regreso a la derecha, T 2, y así sucesivamente. El método pone como condición que las dos componentes estén perfectamenten independientes la una de la otra, de manera que la segunda componente no pueda tomar parte en las oscilaciones. Por consecuencia, esta independencia debe haber sido objeto de cuidado previo (véanse las instrucciones de montaje del aparato.) La amplitud T encontrada puede servir para determinar en seguida la amplitud L, con la ayuda de la fórmula

$$L = \left(\frac{T}{2}\right)^2$$

Encontremos, por ejemplo, para la componente Norte-Sur, T = 8,2, y para la componente Este-Oeste, T = 7,6 segundos, resultará:

N-S: $L = 4{,}1^2 = 17$ metros.
E-O: $L = 3{,}8^2 = 15$ metros.

2). *Determinación de la sensibilidad* E. — La determinación de la sensibilidad E, es decir, de la desviación para un segundo de arco de inclinación, se verifica de la manera más sencilla, por medio de observaciones de desviaciones, colocando pesos sobre la masa estacionaria. Sea M la masa estacionaria en kilogramos, H, la

altura de su centro de gravedad encima del centro de rotación, indicado por el sistema de resortes Cardán. El instrumento dará con

M = cerca de 80, M = cerca de 125, M = cerca de 200 kilogramos.

En estos tres casos H = cerca de 86,5, H = cerca de 90,5, H = cerca de 96 cm. Los valores exactos de M y H serán dados por el constructor. Naturalmente, la persona que maneja el instrumento los podrá determinar sin dificultad; si se trata de determinar H, será conveniente encontrar para las diferentes piezas de la masa estacionaria (columna y pesos adicionales) el peso *m*, y la elevación *h*, del centro de gravedad, encima del sistema Cardán y encontrar después el centro de gravedad del peso total con ayuda de la fórmula

$$H = \frac{E\, m\, h}{M} \quad (^1)$$

admitiendo que M y H sean conocidas. Se trazará sobre la línea diametral L L de la superficie extrema superior de la masa estacionaria, adelante y atrás y con una diferencia de 20 cm., dos señales I y II, tal como se ve en la figura que está al lado. En seguida se colocará sobre I el pequeño peso G.

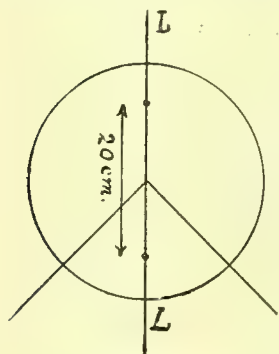


Fig. 1.

Las dos componentes indicarán entonces una desviación. Se determinará el peso en números redondos en gramos, a saber: 5 gramos o 7 gramos, de manera que la desviación sea de 5 a 7 milímetros. Este peso se empleará para continuar la determinación y todas las veces subsecuentes se hará uso del mismo.

En seguida de lo que antecede, G quedará en I. Se esperará que los dos estiletes estén en reposo y que tracen una línea recta sobre el papel ennegrecido del registrador. Después se colocará el peso G en II; las dos componentes acusarán desviaciones. Se esperará de nuevo que los dos estiletes tracen líneas rectas, para lo cual bastarán 2 o 3 minutos. Entonces se vuelve a colocar el peso G en I, esperando de nuevo el reposo de los estiletes. Después se levantará G, que servirá para la próxima determinación de la constante.

Después de haber retirado el gráfico o diagrama de esta operación, será fácil medir la desviación producida por la transposición del peso, de I a II; llámese *a* la transmisión medida en milímetros, en la figura que sigue. (2)

Con ayuda de *a*, la sensibilidad E puede ser calculada siguiendo el razonamiento siguiente: La transposición del peso G, de I a II, es decir, de 20 cm., significa un aumento de rotación de 20 G (centímetros × gramos) en la dirección de adelante hacia atrás. En la dirección de las componentes, tomándolas por separado, de las cuales la inclinación de adelante hacia atrás es de 45°, el momento de rotación no será más que de

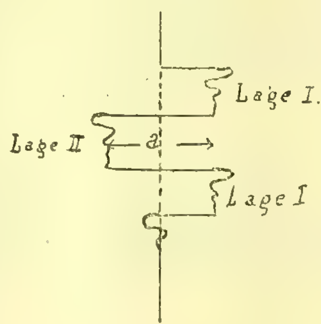


Fig. 2

$$20\text{ G. cos. } 45° = 20\text{ G. } 0{,}707 = 14{,}1\text{ G. } (^3)$$

(1). $\Sigma\, m\, h$ significa suma de momentos, pues el momento de la resultante es igual a la suma de los componentes, La letra Σ es símbolo de suma y se ha equivocado la Σ con la E.

(2). a = Range de Milne ampl = Lage = L.

(3). G = 10 gr. D = 20 cm. Mom. = 70,7 × 2 441,4.

Este momento da la desviación a. El centro de gravedad se encuentra a la altura H encima del punto de rotación; en consecuencia, el momento de rotación 14.1 G, da el mismo efecto que una fuerza $K = \frac{14{,}1\ G}{H}$ atacando el centro de gravedad de la masa M, y tratando de moverla lateralmente. Este es precisamente el mismo efecto que si el instrumento se inclinara un ángulo

$$i = 2060 \frac{K}{M} = \frac{2900\ G}{H\ M} \quad (1)$$

con relación a la componente y traduciendo i por segundos de arco, G por gramos, M por kilogramos, H por centímetros. i comprende también la desviación a. Se obtendrá, pues:

$$E \frac{a}{i} = \frac{(H\ M)\ a}{G\ 2900}$$

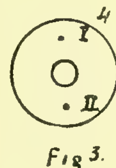
siendo a, medida en milímetros, con el fin de que E resulte igualmente en milímetros.

Sirviéndose siempre del mismo peso G, $\frac{HG}{G}$ 2900 representa una constante en la cual el valor permanece siempre el mismo, de manera que para la determinación de constantes ulteriores no habrá más que conocer la amplitud a. Sea, por ejemplo, para un instrumento:

$$M = 201 \text{ kg. } H = 95{,}8 \text{ cm., } G = 10 \text{ g.}$$

Para Norte-Sur: $a = 8{,}7$ mm, para Este-Oeste: $a = 8{,}1$ mm. Se tendrá:

$$\frac{1}{i} = \frac{H\ M}{G\ 2900} = 0{,}66 \qquad E = 0{,}66\ a \quad \text{(Fig. 3).}$$



para N-S: E = 5,7 mm. para E-O: E = 5,3 mm.

Siendo conocido L, según 1) y E, según 2) se puede determinar al lado de I, la importante constante V, «amplificación del indicador».

$$I m = 206\ E_{mm},\ V = \frac{I}{L}$$

El ejemplo anterior, nos dará:

Componente Norte-Sur	Componente Este-Oeste
L = 17 metros	L = 15 m.
E = 5,7 mm.	E = 5,3 mm.
I = 1180 m.	I = 1090 m.
V = 70	V = 73

3). *Determinación de la desviación por rozamiento r.*—Se determinará la desviación por rozamiento para cada componente por separado. Para el caso, se elimina el amortiguamiento para la componente de que se trata; se toca ligeramente

(1). $\frac{1}{t g''} = 206.000$; pero K es gramos y M. Kgm. para homogeneizar $i = 206 \frac{K}{M}$

la doble palanca de aluminio y se deja al registrador que trace las oscilaciones con que se va a trabajar. De igual manera se procede con la otra componente. Cada una de estas pruebas se hará dos o tres veces. La determinación de r, tendrá lugar posteriormente, cuando el diagrama de las operaciones se haya fijado. Se verá que con ausencia del amortiguador la diminución de las oscilaciones se verificará de la siguiente manerá:

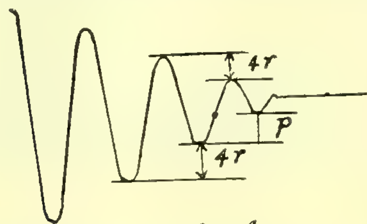


Fig. 4.

Se determina, de preferencia, con ayuda de una escala de cristal, la diminución de las desviaciones de un lado, tal y como se ve en la figura adjunta y desde luego todas las oscilaciones posteriores. La diminución dará entonces $4r$ directamente. Es necesario tomar las últimas oscilaciones, porque durante los primeros movimientos largos, puede existir todavía cierto grado de amortiguamiento. Sin embargo, es preciso tener cuidado de notar la diminución durante dos oscilaciones aun más acentuadas. Por consecuencia, no se podría escoger el intervalo p, de la figura. En razón de la relación

$$R = r \frac{1000\ M}{L\ V^2}$$

se conocerá por r, también R, la resistencia de frotamiento en la punta del estilete. Nuestro ejemplo da:

	Componente Norte-Sur	Componente Este-Oeste
	$4r = 1\frac{1}{2}$ mm.	$4r = 3$ mm.
entonces	$r = \frac{3\ \text{mm.}}{8}$	$r = \frac{3\ \text{mm.}}{4}$
y puesto que		
	$\frac{1000\ M}{L\ V^2} = 2{,}4$	$\frac{1000\ M}{L\ V^2} = 2{,}5$
tendremos		
	R = 2,4 $r = 0{,}9$ mgs.	R = 2,5 $r = 1{,}9$ mgs.

La resistencia para la componente N-S será de menos de 1 mm. Esto es un buen valor y la prueba de que esta componente registra con corrección. El valor para la componente E-O de 1,9 es menos buena. No es precisamente mala, pero convendría reducir un poco la presión del estilete contra el papel, retrocediendo un poco el pequeño contrapeso, de manera que el frotamiento disminuya, poco más o menos 1 mm. La experiencia nos dará a conocer hasta qué punto se puede descender, pero teniendo en cuenta que los estiletes deberán trazar las líneas durante el temblor de tierra y que no deben alzarse.

4). *Determinación de la relación de amortiguamiento.*—Para determinar la relación de amortiguamiento e, es decir, la relación de dos desviaciones de las más grandes y sucesivas, se colocará la doble palanca de aluminio de la componente de que se trate, con el amortiguamiento cerrado y se esperará a que el estilete esté en reposo, lo cual se verificará más rápidamente que cuando el amortiguador está abierto o no unida a la palanca. El estilete pasará por la línea de reposo 2 o 3 veces.

Se procede después de igual manera con la otra componente. Después de haber fijado el diagrama, se miden las distancias Y_1 e Y_2 de la línea de reposo. Y_1 / Y_2 dará directamente la relación de amortiguamiento e, si no existe un gran frotamiento en el estilete. Siendo el frotamiento sensible, para la determinación de e, se acude a la aplicación de la fórmula

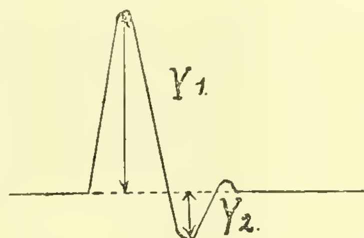


Fig. 5.

$$e = \frac{Y_1 - r}{Y_2 - r}$$

en la cual r, representa la desviación por frotamiento determinado de antemano.

Pongamos un ejemplo:

Componente Norte-Sur	Componente Este-Oeste.
$Y_1 = 18$ mm. $Y_2 = 4$ mm.	$Y_1 = 25$ mm. $Y_2 = 3$ mm.
y $r = \frac{3}{8}$ mm. $= 0{,}4$ mm.	$r = \frac{3}{8}$ mm. $= 0{,}75$ mm.
resultará	
$e = \frac{17{,}6}{4{,}4} = 4{,}0$	$e = \frac{24{,}25}{3{,}75} = 6{,}5$

La relación de amortiguamiento e, puede variar entre $3\frac{1}{2}$ y 8. Por consecuencia, las dos componentes trabajarán de manera satisfactoria en el ejemplo anterior. Se debe tratar de obtener $3 = 5–6''$.

El Sismograma.—Generalidades.—Signos internacionales.—División en fases

POR M. NAVARRO NEUMANN

El sismograma es la representación gráfica, más o menos fiel, del movimiento del suelo en el sitio donde esté instalado el sismógrafo, pero no una copia a escala más o menos reducida del mismo movimiento, tal cual fué en el foco, ni aun siquiera en el epicentro, de hallarse éste distante. Acaece en esto algo análogo a lo que pasa con un rayo de luz dispersado por un prisma y proyectado sobre una pantalla: con el aumento de la distancia crece la longitud de la faja espectral, y lo que a la salida del prisma parecía una línea brillante (imagen de la rendija), con un borde rojo, el otro purpúreo y el centro confuso, se descompone en la cinta de innumerables matices, surcado por las rayas negras características del espectro de Frauenhofer. Así también, en lo que con el Conde de Montessus de Ballore pudiéramos llamar espectro sísmico corto, esto es, de escasa duración en el epicentro y además confuso, se diferencían con la distancia las diversas clases de ondas (que no son otra cosa más que vibraciones elásticas debidas a una ruptura o hundimiento, etc., quizá rapidísimo, vibraciones que adquieren caracteres muy diversos, tanto por los medios transmisores, como por su misma modalidad), llegando a agitar tal vez hasta $4\frac{1}{2}$ horas los sismógrafos situados a enormes distancias, aun en el antípoda del epicentro, o anti-epicentro distante unos 20,000 kilómetros.

Por esto, fuera del interés particular que encierran los gráficos de los terremotos cercanos, los de los lejanos, obtenibles en todas partes (no así los otros), constituyen un precioso e insubstituible medio de investigación sobre la rigidez,

composición, estado probable, etc., de las regiones internas de la tierra, al través de las cuales, siguiendo el símil anteriormente expuesto, se refracta el espectro sísmico. De aquí el considerable número de estaciones sismológicas situadas en sitios donde los terrenos cercanos escasean y hasta constituyen un fenómeno excepcional, entre las que precisamente figuran las más renombradas, y que nada tendrían que hacer si no se dedicasen de lleno al estudio de los telesismos, ([1]) con gran detrimento de los plesioseismos, ([2]) mucho más importantes bajo el aspecto utilitario, y el mismo público ilustrado comparte un poco las ideas de los profesionales.

Nunca, o poco menos, resultan rectos los trazos de un sismógrafo sensible, sino que presentan sinusoides más o menos regulares, bruscas desviaciones, engrosamientos, etc., que denotan que el suelo está en continua agitación. Estas desviaciones unas veces son extra-sísmicas, producidas por corrientes de aire al abrir o cerrar la vitrina que resguarde al sismógrafo, por el tránsito cercano de personas o vehículos . . . ; de origen meteórico más o menos directo y evidente, como los estremecimientos del suelo al balancearse los árboles azotados por el vendaval, la costa batida por fuerte oleaje, los bruscos cambios de presión atmosférica; . . . (estos movimientos y otros análogos, que suelen prolongarse durante horas y aún días, con notable regularidad, se denominan barocismos) o finalmente pudieran ser sísmicas, bien provengan de un terremoto local y sensible o no, bien del eco, repercusión o transmisión de otro lejano. Con buenos sismógrafos, sobre todo si están lo suficientemente amortiguados, es punto menos que imposible el confundir el gráfico de un sismo auténtico con esos movimientos parásitos, en ocasiones bastante molestos y nocivos, por enmascarar los sismos cuyos gráficos resulten muy débiles, sobre todo en sus comienzos, hoy casi lo más interesante de los mismos.

Los gráficos de los terremotos, o sismogramas, presentan trazos diferenciables los unos de los otros en atención a sus períodos y amplitudes, lo que permite agruparlos en fases, o designándose, de ordinario, los puntos más interesantes o críticos por medio de iniciales, de acuerdo con la circular dirigida a fines de 1911 a los directores de las diversas estaciones sismológicas por el Profesor O. Hecker, como Director de la Oficina Central de la Asociación Sismológica Internacional de Estrasburgo. Esas iniciales o *símbolos internacionales*, como los llama con sobrada razón el P. Federico L. Odenbach, S. J. de Cleveland (O), están tomados en su mayoría del Profesor Wiechert, y son los siguientes, a los que añadiremos su sinonimia.

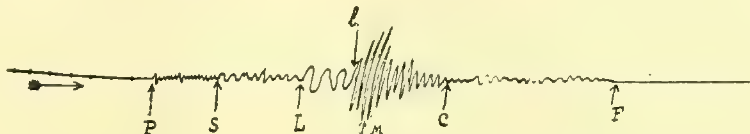
P (undae primae), primeros movimientos preliminares, ondas longitudinales erster Vorlaufer, first preliminary tremors, primi tremiti, P_1, V_2, I. etc . . . ; S (undae secundae), segundos movimientos preliminares, ondas transversales, zweter Vorlaufer, second preliminary tremors, secondi tremiti, P_2, V_2, II, etc; L (undae longae) ondas lentas, porción principal, grandes ondas, Hauptphase, lange Wellen, long waves, onde lente, G, O, P_3, III u ondas superficiales, entre las cuales se halla el máximo verdadero M (maximum) o los máximos, designándose entonces estos por subíndices, a partir del que se presentara primero M_1, M_2; . . . C_1, C_2 . . . (codae), cola . . . indican los máximos secundarios registrados después de terminada la porción principal, y últimamente F (finis), fin, Ende, end, etc., indica el final claramente perceptible del movimiento.

Los signos aclaratorios de los puntos críticos antes indicados e incluídos también en la misma circular, son: i (impetus), (ímpetu o comienzo brusco y evidente

(1). Tele = lejos, lejano (epicentro a más de mil kilómetros).

(2). Plesios = cerca, cercano (epicentro a menos de mil kilómetros).

(de una fase (P, S, L); *e* (emersio) = comienzo menos definido y gradual y aun tal vez incierto. Usados solos indican el principio de una o más ondas, con duda de que pertenezcan a una fase dada. En el caso contrario, esto es, cuando determinan el principio de una base fija, se colocan ante el signo de ésta: *i*P, *e*L, por ejemplo. Algunas veces, sobre todo en P y aun tratándose de un solo terremoto, hay primero *e*P y varios segundos más tarde *i*P.



T (tempus) indica el valor en segundos de los períodos completos de las ondas que se analicen y A_n, A_e, A_z, respectivamente, las amplitudes verdaderas (reducidas de las medidas directamente en el gráfico), de las tales ondas en micras μ o milésimas de milímetro en las tres componentes N–S, E–W y vertical o Z, amplitudes a las que precederá el signo + si la desviación medida fuese hacia el N., E. o arriba o Zenit, y el signo — si fuese en sentido contrario. Δ indica la distancia del epicentro en kilómetros, calculada según los datos del sismograma. Un signo de interrogación = ?, colocado a continuación de un símbolo, indica duda sobre su exacta correspondencia.

Además de estos signos, que pudiéramos llamar *oficiales*, la nomenclatura Wiechert, o de Gotinga comprende otros, que son los siguientes:

El gráfico puede ser simplemente *perceptible* = I, notable = II y muy notable = III, en atención a las amplitudes registradas, y atendiendo a la distancia epicentral ser de un terremoto local, o sentido en la localidad = (domesticus), o insensible. En este último caso, si su epicentro dista menos de 1,000 kilómetros, se le designará con una *v* (vicinus); si dista más de 1,000 y menos de 5,000, con una *r* (remotus), y con una *u* (ultimus) si distase más de 5,000 kilómetros, distancias apreciadas siempre por el arco de círculo máximo que medie entre el epicentro y la estación sismológica. P_R P_R . . . = ondas longitudinales reflejadas, una, dos . . . veces. S_R, S_R . . . ondas transversales reflejadas, una, dos . . . veces. PS = ondas que cambiaron su carácter y han sufrido una sola reflexión; PPS, PSS id. reflejadas dos veces; *in* (internus), *ex* (externus) = sentido en el que se verificó la reflexión; L rep 1,M rep 1,L rep 2, indican respectivamente ondas lentas o máximos que ha recorrido el camino más largo para llegar a la estación, o que vuelven segunda vez, después de un viaje de 40,000 kilómetros W_2, W_3 en la clasificación de Omori). Ultimamente el signo ± antes de una hora, con el aditamento de una cifra cualquiera, indica los límites del error probable en la determinación de algún punto crítico de importancia.

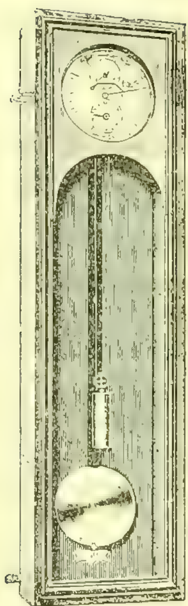
A estos signos pudiera añadirse con el Profesor Doctor J. B. Woodworth, distinguido director de la Estación Sismológica de la Universidad de Harward (Cambridge, Mass.) un o para designar la hora del terremoto, esto es, aquella en la que debió comenzar a sentirse en el epicentro, deducida de la distancia epicentral y de la hora inicial de P, o, en su defecto, de alguna otra onda bien definida y característica.

La división en fases, fácilmente factible en los sismógrafos claros, los que con buenos instrumentos apenas llegan al tercio de los registrados, resulta a veces muy

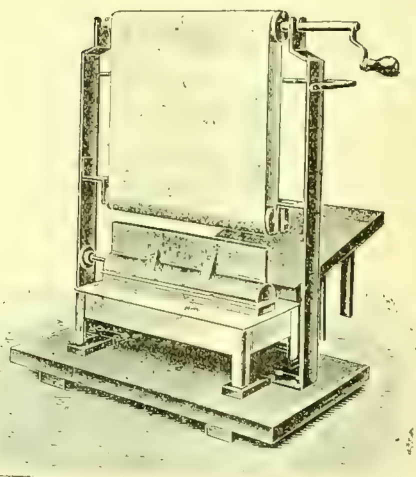
difícil y aun imposible, sobre todo si el aumento y el amortiguamiento son insuficientes y hay fuertes barosismos, bien que una sola de estas tres causas bastaría en muchos casos. Los criterios principales para determinar el comienzo de una fase son el cambio de período y de amplitud. De ordinario, en los gráficos siquiera medianos, P es fácil de determinar, S algo más difícil, y todavía más L, por lo que esta última suele darse en minutos y décimas de minuto, cuando aparecen en muy buenas condiciones, en vez de los segundos ordinariamente usados para las otras. S suele faltar o ser discutible para las distancias inferiores a 250 kilómetros, y en general, no muy claro a menos de 450 y a más de 11,000 a 12,000, ocurriendo esto último con P para las largas distancias, en las cuales, sobre todo durante el eclipse que parece experimentar entre los 12 y los 15,000 kilómetros, los reflejos de P_R P_{R2} . . son, por el contrario, mucho más aparentes.

Los dos puntos críticos más importantes son P y S, puesto que no sólo nos permiten determinar la distancia epicentral con mayor precisión que los reflejos, hoy todavía imperfectamente estudiados, sino que también tal vez basten para localizar el mismo epicentro.»

*
* *



Reloj de contactos, empleado para dar la hora en los seismógrafos.



Lámpara para ahumar el papel, y donde por medio de una bañadera se fijan los diagramas con un barniz de goma laca y alcohol.

III

BREVES APUNTES SOBRE FENOMENOS SEISMICOS

La vida del interior del globo se revela por perturbaciones violentas, que no dejan ninguna duda acerca de su realidad. Los volcanes y los temblores de tierra atestiguan una actividad física de la litoesfera.

Así, pues, el suelo que pisamos está muy lejos de tener la fijeza que generalmente se le atribuye. La corteza terrestre se puede considerar como en un estado perpetuo de vibración. Ya son ténues movimientos, apenas perceptibles, y que únicamente los seismógrafos pueden registrar, ya sacudimientos rápidos, caracterizados por ondas muy particulares y que les ha valido el nombre de *temblores de tierra*. Estos movimientos característicos de las regiones séismicas, producen trastornos importantísimos en las comarcas que atraviesan, causando muchas veces gran número de víctimas.

La Historia recuerda particularmente algunas catástrofes, por el número de víctimas que ha costado a la humanidad. El año 526, en Antioquía, frente a la costa de la isla de Chipre, en el Mediterráneo, y en las ciudades vecinas, una serie de sacudidas terribles ocasiona la muerte de cerca de 200,000 habitantes. Los temblores que destruyeron las Calabrias en 1783, hicieron en menos de dos minutos 60,000 víctimas. El formidable temblor que sacudió a Lisboa en 1735, costó la vida a 30,000 personas. En Casamicciola, en la isla de Ischia, el 28 de julio de 1883, un temblor que duró 16 segundos derribó 1,200 casas y 2,300 víctimas quedaron sepultadas en esas ruinas. El temblor que conmovió a San Francisco California en abril 18 de 1906, hizo muchas víctimas y casi destruyó la ciudad. Los muy recientes de Guatemala y San Salvador han causado muchas víctimas y pérdidas materiales.

En México, cuya importancia séismica es de las más notables en el mundo, los temblores han causado innumerables víctimas, y podríamos tener una buena estadística, si no fuera porque en nuestro país a nada se le da importancia, y los datos más interesantes para cualquier asunto se pierden por negligencia. Pero nos bastará recordar algunos temblores intensos, relativamente recientes, para comprobar la actividad séismica de México. Los terremotos que conmovieron parte del Estado de Jalisco en 1875 y después en 1912, sembraron un pánico terrible entre los habitantes de esa región. El temblor de 3 de mayo de 1887 en Bavispe, Sonora, fué de gran intensidad. El temblor del 16 de enero de 1902 en el Estado de Guerrero, y los de Zanatepec, Oaxaca, en el mismo año, fueron notables. El del 14 de abril de 1907, también de Guerrero. Los de Acapulco, de 30 y 31 de julio de

1909, ocasionaron muchas víctimas. El del 7 de junio de 1911 (conocido por temblor maderista, por haber entrado ese día a México el señor Madero), fué terrible; y, finalmente, los temblores que destruyeron varios pueblos del Estado de México y del de Michoacán, el 19 de noviembre de 1912, y cuyo foco comprobó el Instituto Geológico, que se hallaba en la gran falla Acambay–Tixmadeje.

Estas son las catástrofes séismicas más importantes de los últimos tiempos, pero la actividad séismica de nuestro territorio es notable.

Se ha visto que en muchos temblores de tierra violentos la llegada de la sacudida a la superficie es precedida de un ruido sordo, que se compara al trueno del rayo lejano. Este ruido cesa cuando las sacudidas se dejan de sentir y otras veces ambos fenómenos se verifican al unísono.

El efecto mecánico producido por los temblores, consiste en movimientos ondulatorios, durante los cuales el suelo oscila como las ondas del mar, y en sacudidas que pueden ser verticales cuando el choque se produce de lo bajo a lo alto, y horizontales cuando el choque es lateral. Las sacudidas verticales, cuyos efectos son comparables a la explosión de una mina, están siempre localizados en el centro del sacudimiento, y la delimitación del espacio donde se sienten, permiten determinar el área del foco del fenómeno; su amplitud puede ser considerable. Fuera de esta primera zona, las sacudidas se vuelven oblicuas con el choque lateral, y a lo lejos se transforman en movimintos ondulatorios. Estos temblores pueden ser violentos y, sobre todo, abarcar una área muy extensa.

Un temblor de tierra puede limitarse a una sacudida, pero a menudo se compone de varias, que se dejan sentir durante largos períodos de tiempo. La extensión abarcada por estos cataclismos se haya sujeta a grandes variaciones.

La velocidad de propagación es igualmente muy variable y está relacionada directamente con los terrenos que atraviesa el movimiento. En los terrenos sueltos, que son malos conductores de la vibración, el movimiento es muy fuerte, porque queda absorbido. Por el contrario, las sacudidas se hacen más largas, y sus efectos mecánicos son menos considerables en aquellos terrenos compactos o formados de lavas, que son buenos transmisores. Los temblores de tierra que se propagan a través del océano, transmiten las ondulaciones a una distancia mayor que en tierra, por ser el agua más móvil, y producen olas muy grandes, que algunos conocen por «olas de translación» y que ocasionan las peligrosas marejadas.

Fuera de las causas meramente locales, los temblores pueden tener origen por los siguientes motivos: por el derrumbamiento de cavernas y cavidades en las montañas; los causados por erupciones volcánicas y los producidos a consecuencia de movimientos orogénicos. Estos diferentes temblores se denominan de «derrumbamiento,» «volcánicos» y «tectónicos» o de «dislocación». Pero de algún tiempo a esta parte, dice E. Bose, los geólogos y seismologistas prestan mayor atención a cierta clase de temblores, que Hoernes denomina *criptovolcánicos*; Branca, «tectónicos,» en el sentido más amplio de la palabra, y el gran vulcanólogo Mercalli los llama «intervolcánicos». Rothplets los llama de «inyección». Se cree que estos temblores se deben a fenómenos volcánicos a grandes profundidades, que no llegan a hacerse perceptibles en la superficie más que por los movimientos séismicos.

Muchos suponen que países accidentados como el nuestro, son de gran seismicidad por el cambio de asiento de los grandes macizos de terreno, cuando las infiltraciones han disuelto las capas que les servían de apoyo y que con frecuencia están formadas de arcilla, yeso, etc.

La experiencia nos ha mostrado que no existe liga estrecha entre el volcanismo

y los temblores. En general, los temblores de tierra que afectan grandes extensiones de terreno, se muestran independientes de la acción volcánica, y su manera de propagarse está ligada a los accidentes principales del relieve, tales como las montañas y las líneas de dislocación. También ha parecido a algunos geólogos considerarlos como el indicio de movimientos generales del suelo, determinados por la falta de equilibrio de la corteza, de tal manera, que sería preciso ver los fenómenos precursores de los movimientos orogénicos, es decir, de los que están destinados a resolverse en la formación de las cadenas de montañas.

El temblor de tierra altera todo lo que a su paso encuentra, y da por ello lugar a fenómenos nuevos en determinadas regiones, o interrumpe los que la vida del planeta había iniciado. Tenemos ejemplos de ríos que han cambiado de curso debido a un temblor, como aconteció con el Mississipí cuando el séismo de New Madrid en 1811. En otras ocasiones se han formado caídas de agua, y muchas veces han desaparecido corrientes importantes, afectando notablemente el sistema hidrológico de una región.

Como los temblores producen ondulaciones en la superficie, muchas veces se forman elevaciones y depresiones permanentes que alteran el drenaje de la comarca conmovida. El paso de las ondas séismicas a través de depósitos sueltos, puede ser causa de que se conviertan en compactos, y sin embargo producir depresiones en su superficie. De esta manera y por algún otro fenómeno, las cuencas pueden quedar formadas por temblores y dar origen a ciertos lagos. Cuando los temblores tienen lugar en rocas sin consolidar, el agua es algunas veces impulsada hacia la superficie con gran violencia, probablemente debido a la compresión de los poros, pues en esos lugares brota el agua cargada de tierra. También el agua acarrea grandes cantidades de lodo y arena que son depositados alrededor del punto de descarga y aumentan la depresión producida por la corriente violenta. Cuando el manantial cesa, el pequeño cráter queda como depósito. Otras veces un temblor ha sido causa de que se drenen lagos y pantanos. Tal vez no haya fenómeno tan alterado por los séismos como el hidrológico. Se tiene conocimiento de innumerables manantiales que han brotado después de un temblor, y de cambio de volumen en los ya existentes. Cuando el temblor de 25 de enero de 1862, cerca del lago Baikal, brotaron varios geysers, de cerca de 7 metros de altura. Y para mostrar el interés considerable que pueden presentar las investigaciones seismográficas en el campo de la geofísica, mencionaré los trabajos de Honda y Terada. (On the geyser in Atami. Pub. of the earthq. invest. Comm. in for. lang. 1906. núm. 22. B. p. 51), sobre el geyser japonés de Atami.

Se sabe el considerable número de hipótesis que han suscitado estos curiosos aparatos naturales, sin que hayan sido muchas veces demostradas satisfactoriamente. Estos dos sabios han iniciado un método completamente nuevo. Para sus experiencias han imaginado un dispositivo térmico artificial y lo han modificado hasta que ha dado indicios seismógráficos idénticos a los obtenidos en las cercanías del geyser. Desde el momento en que obtuvieron la identidad de los indicios, pudieron afirmar que el dispositivo artificial representaba exactamente el aparato geyseriano natural.

Los conos de arena, eyecciones de lodo en forma de volcanes pequeños, las fuentes termales y sus intermitencias, las variaciones del nivel hidrostático en los pozos y minas, son fenómenos en los cuales muy directamente dejan sentir sus efectos los temblores de tierra.

¿Esas grandes fallas ocasionadas por los temblores, no podrán ser en el futuro

lechos de ríos? ¿Esas aberturas, no serán muchas de ellas actualmente vetas minerales, rellenadas ya por rocas ígneas o por materias minerales que el agua lleva en suspensión y deposita ahí?

Respecto a los movimientos séismicos en las minas, presentaron al Segundo Congreso Internacional de Seismología, muy interesantes trabajos los Profesores Darwin, de Cambridge; Grablovitz, de Ischia, y Lagrange de Bélgica.

Ya se han señalado varios problemas que se supone se hallan íntimamente ligados con los temblores de tierra, y qué son: la determinación de la gravedad en relación con los fenómenos séismicos y volcánicos; la relación entre la variación del magnetismo terrestre y las manchas solares; el problema undoso de los mares, etc. La seismología está llamada a revelarnos, ha dicho el geólogo mexicano D. José G. Aguilera, las condiciones físicas y mecánicas del interior de la tierra; rigidez, elasticidad, estado gaseoso, líquido, viscoso o sólido, amorfo o cristalino de su centro; el espesor de la lito-esfera y la ordenación y repartición de su masa, la manera y las proporciones en que se contrae por el enfriamiento secular de la Tierra, la distribución y propagación en su masa de los esfuerzos resultantes de esta contracción y las relaciones inmediatas o mediatas que estos esfuerzos tienen con los fenómenos que directa o indirectamente derivan de ellos.

Nos dará los medios para determinar y medir las diferentes clases de movimientos terrestres desde los que afectan a grandes porciones de la Tierra, bien sean éstos verticales ascendentes o descendentes que originan respectivamente los continentes (epeirogénicos) y los mares (talasogénicos), bien sean horizontales, o bien la combinación de unos y otros que forman las montañas (orogénicos), hasta los movimientos moleculares o microscópicos de los cuales dependen la situación, la ordenación y las modificaciones en la asociación, la concentración y la segregación de los elementos constitutivos de las rocas y el carácter y las variaciones de su estructura.

Por medio de la seismología se podrá distinguir en los desalojamientos de las líneas de ribera los que son debidos a movimientos de la costra terrestre de los que ocasiona la disminución progresiva de la velocidad de rotación de la Tierra; igualmente permitirá conocer la forma, posición y estabilidad del nivel del mar; sus variaciones motivadas por la atracción de los continentes y las masas de las montañas costeras.

Determinará la participación que, en las inmersiones y emersiones de los continentes, o sea en las invasiones alternativas de mares y continentes, corresponda a los movimientos debidos a la contracción por enfriamiento y a los producidos por la acción de la gravedad, prestando así una gran ayuda para la ratificación, rectificación o refutación de la hipótesis de la isostacia, que quiere que la substracción o remoción del material continental por medio de la erosión facilite la elevación de los continentes y que el depósito de ese material en el fondo de los mares hunda este en la misma proporción de manera que resulte entre las áreas marinas y las continentales un equilibrio isostático.

El volcanismo es un fenómeno que tiene una relación íntima con los movimientos epeirogénicos y orogénicos, que como es sabido son debidos a la contracción por enfriamiento de la Tierra combinada con la acción de la gravedad, y parece hallarse localizado en aquellas regiones en donde estos dos movimientos son simultáneos. Algunas veces el volcanismo está en conexión con movimientos de compresión y otras veces con movimientos de tensión regionales. Volcanes y temblores son producidos por la misma causa, y en su distribución existe también una cierta

relación, así: los temblores son más violentos en donde el mar es más profundo y los volcanes son más numerosos en la zona costera adyacente a este mar profundo, y ambos, volcanes y temblores, alcanzan su máximum en las regiones en que altas montañas enfrentan fosas oceánicas profundas.

La variabilidad de las coordenadas geográficas de medio segundo de arco, debidas a las oscilaciones periódicas del eje instantáneo de rotación de la Tierra, alrededor del eje principal de inercia, es debido a la acción combinada de fenómenos hidrológicos y en parte de carácter séismico, pues siempre que los temblores mundiales han sido numerosos en un año, el desalojamiento del polo ha sido relativamente grande, y viceversa; es posible que los dos fenómenos resulten de una causa común, y probablemente dependan de la rigidez imperfecta de la Tierra. Un movimiento séismico bastante intenso puede ser capaz de producir o preparar dislocaciones de masas que podrían explicar las variaciones de latitud.

Problemas importantes también, son las construcciones aséismicas, la rotura de los cables submarinos en los grandes temblores, y la de las cañerías de agua y gas en las ciudades.

Por lo que queda expuesto, y es tan poco, resulta claramente el importante lugar que está llamada a ocupar la seismología entre las ciencias físicas, matemáticas y geológicas, representando una de las ramas principales de la física terrestre. La seismología es una rama del saber humano de tan reciente origen; hay tal cúmulo de hipótesis acerca de la causa o causas que determinan los temblores de tierra, que cualquiera dato que conduzca a fundamentar un principio o a desechar una preocupación, merece ser conocido y considerado por quienes estudian ahora, y acabarán por conocer, como las otras naturales, las leyes que gobiernan los sacudimientos de nuestro Globo, y con sus investigaciones llegará el hombre algún día a la suprema resolución de estos problemas complejos: ¿Qué es un terremoto? ¿Puede preanunciarse un terremoto? ¿Puede combatirse al terremoto?

Algunos temblores locales registrados en la Estación Seismológica Central en el año de 1912

El cuadro adjunto contiene en tiempo medio de Tacubaya los datos de todos los temblores domésticos registrados del 1º de enero al 8 de octubre de 1912, por los instrumentos de la Estación Seismológica Central, estando anotadas en el cuadro solamente las lecturas de los mejores diagramas, pero los instrumentos Wiechert los han registrado todos, con excepción de los números 107, 115, 116 y 117 que únicamente registraron el aparato horizontal de 17,000 kilogramos de masa y el vertical de 1,300.

Quizá debido a que estos temblores son de período tan rápido, sus fases no se definen bien en los seismogramas, como acontece con los temblores locales en Guadalajara. Esto es debido al período propio del instrumento, que no se puede reducir lo suficiente.

La intensidad de estos movimientos registrados en Tacubaya, no ha pasado del grado III de la escala de Cancani. La posición del foco es variable, es decir, no todos los movimientos provienen del mismo foco. Por la dirección del primer impulso se puede decir que su rumbo varía entre S.-SW. y W.-SW.

En ocasiones anteriores, siempre se había dado como distancia al epifoco, menos de 50 kilómetros, pero aplicando la fórmula de F. Omori

$$\triangle\ km = 7{,}48\ y^s$$

encontrada para los temblores de Formosa y que él aplicó a los producidos en la erupción del Usu-San, (Yeso), se tienen distancias muy cortas al epifoco. La lectura del período y de la amplitud del primer impulso se pueden hacer difícilmente en los registros, y tal vez con el uso de un tromómetro en las cercanías del foco se facilitará el estudio de estos temblores, que hasta la fecha no han sido bien interpretados. Primeramente se supuso que estos movimientos registrados principalmente en el seismógrafo de 17,000 kilogramos, eran debidos a desplazamientos del poste o cimiento en que está asentado, en virtud de estar soportando una gran presión, pero observaciones posteriores nos hicieron ver que eran realmente temblores que suponemos provengan del Ajusco, dados el rumbo y distancia deducidos de la lectura de los diagramas.

Temblores locales registrados en la Estación Central de Tacubaya, D. F.
Tiempo medio de Tacubaya

Número progresivo	FECHA		Instrumento	Componente	Principio	Duración fase preliminar	MAXIMA					FIN	K. M.
	Día	Mes					Hora	A mm N	A mm E	Z mm	T		
					H. M. S.	S.	H. M. S.					H. M. S.	
20	3	Febrero	H. 1,200 K	ambas	3.10.12	......	3.10.14	71	....	....	?	3.11.52	3.74 ?
20	3	Febrero	V. 1,300 K	Z	3.10.12	......	3.10.13	....	....	65	?	....	....
21	3	Febrero	H. 200 K	ambas	4.00.24	......	4.00.25	21	44	....	?	4.01.26	3.74 ?
21	3	Febrero	V. 1,300 K	Z	4.00.24	......	4.00.25	....	....	93	?	....	....
22	6	Febrero	H. 1,200 K	ambas	18.39.44	0,5	18.39.46	19	11	....	?	18.40 44	3.74 ?
22	6	Febrero	V. 1,300 K	Z	18.39.44	0,5 ?	....	....	....	9	?	18.40.14	....
24	9	Febrero	H. 1,200 K	ambas	13.25.00	1,5	13.25.04	11	7	....	1	13.25.24	11.22
24	9	Febrero	V. 1,300 K	Z	13.25.00	1,5	13.25.02	....	....	4	1 ?	13.25.21	11.22
25	10	Febrero	H. 1,200 K	ambas	21.08.35	1 ?	21.08.37	8	4	....	1 ?	21.09.12	7.48
25	10	Febrero	V. 1,300 K	Z	21.08.35	1 ?	21.08.38	....	....	4	1 ?	21.08.53	7.48
62	3	Junio	H. 1,200 K	ambas	15.33.52	3	15.33.55	7	4	....	?	15.35.21	22.44
62	3	Junio	V. 1,300 K	Z	15.33.52	3	15.33.55	....	....	3,5	?	15.35.47	22.44
107	18	Septbre.	H. 17,000 K	ambas	15.35.39	1	15.35.40	7	50	....	0,33	15.36.05	7.48
107	18	Septbre.	V. 1,300 K	Z	15.35.39	1	15.35.40	....	....	3	?	15.36,17	7.48
112	28	Septbre.	H. 17,000 K	ambas	14.38.22	1 ?	15.38.25	100	70	....	1	15.39.50	7.48 ?
113	28	Septbre.	H. 17,000 K	ambas	22.09.28	1 ?	22.09.31	90	110	....	1	22.10.15	7.48 ?
115	6	Octubre	H. 17,000 K	ambas	20.44.44	1	20.44.45	4	6,5	....	0,33	20.44.48	7.48
115	6	Octubre	V. 1,300 K	Z	20.44.44	......	20.44.45	....	....	1	1	20.44.48	....
116	6	Octubre	H. 17,000 K	ambas	20.44.48	1	20.44.50	10	18	....	0,33	20.45.07	7.48
116	6	Octubre	V. 1,300 K	Z	20.44.48	......	....	....	....	3,5	1	20.45.07	....
117	6	Octubre	H. 17,000 K	ambas	20.47.26.5	1	20.47.28	12	18	....	0,5	20.47.40	7.48
117	6	Octubre	V. 1,300 K	Z	20.47.26.5	1	20.47.28	....	....	3,5	0.5	20.47.32	....
118	7	Octubre	H. 17,000 K	ambas	18.39.13	1	18.39.14.5	13	27	....	0.5	18.39.24	7.48
118	7	Octubre	V. 1,300 K	Z	18.39.13	1	18.39.14	....	....	2,5	?	18.39.18	....

Construcciones aséismicas económicas

Antes de entrar en la exposición del sistema, recordaremos en breves palabras la acción que se produce en la superficie del suelo conmovido por los temblores y la que se verifica en las construcciones cimentadas en él.

Nadie ignora que un movimiento de ondulación del suelo en direcciones que varían para las mismas localidades y cuya intensidad es diferente de un lugar a otro, son los fenómenos propios de un temblor de tierra.

El movimiento ocasionado por un temblor de tierra, es vertical en el foco(ter-

pidatorio), transformándose a medida que se aleja de él, en movimientos horizontales u ondulatorios, como generalmente son llamados. De este levantamiento alternado es de donde procede el movimiento ondulatorio en la superficie del terreno, el cual se deja sentir sobre lo que descansa encima de ella; si consideramos un pequeño espacio, como por ejemplo, el de una casa, veremos que el lado de donde viene el movimiento, se alza de pronto, en seguida la parte intermedia y por último el costado opuesto al primitivamente levantado que tiende a entrar con el suelo a su posición normal, tan luego como cesa el empuje que lo había sacado de ella. De esta manera se explican los fenómenos que presentan algunas ruinas en las poblaciones derruidas por los temblores de tierra e indican que nada hay que esperar en una lucha de esfuerzos contra los terremotos, mientras no se dispongan los materiales de manera que den un coeficiente de ruptura de más consideración y mientras no se liguen las construcciones con el suelo por medio de cimientos, puesto que así deben necesariamente sufrir todos los movimientos al soportar el enorme esfuerzo que se verifica sobre dichos cimientos que vienen a formar parte del suelo.

Se concibe que si pudieran construirse las casas sin cimientos, es decir, que fueran independientes del suelo, sobre el cual solamente se apoyaran, la única cosa que podría destruirlas sería el peso de los materiales superiores sobre los inferiores, al quedar desplomada una parte del edificio por consecuencia del movimiento ondulatorio; y también se reconoce que en el caso de que una parte de la construcción cargara en falso sobre un punto cualquiera de la base, la poca resistencia de los materiales de la mayor parte de las construcciones, que son la base sobre la cual se apoya el esfuerzo, los rompería, determinándose además el desmoronamiento por el balanceo de abajo. Veremos que puede darse a los materiales inferiores una resistencia tal que puedan soportar el peso de la parte superior del edificio, aun en el caso de que dicha construcción fuera alzada en el aire por su parte media, dejando ambos extremos apoyados en su nivel, o sea en el suelo.

Los arquitectos, ingenieros, constructores, etc., que han visitado países de persistente actividad séismica, están acordes en que las construcciones de madera y ladrillo, como las que se usan en Chile, resisten mejor los temblores que las de piedra y ladrillo, por muy gruesas que sean, fenómeno que resulta, primero, de que la resistencia de la mezcla común es a la de ciertas leyes de construcción en relación de 1 a 15, lo cual explica suficientemente el por qué las construcciones mixtas quedan en pie cuando las otras se derriban, y segundo, que estas casas con madera, siendo más ligeras, exigen cimientos menores, lo cual es realmente el principal motivo que las hace resistir.

Por lo expuesto, la construcción debe hacerse como sigue: sobre un cimiento plataforma que venga a flor de tierra, construído sobre terreno macizo o sobre estacas cuando el terreno sea malo, cuyo número debe calcularse como para los puentes, se establecerá una plataforma de fuertes maderos, formando un cuadrado que debe variar conforme a las dimensiones que se piense dar a la construcción, y sobre la cual se levantará la casa que quedará asegurada a ella por medio de armazones o marcos de madera llenos de ladrillo ligero. El alto se amarra al bajo por medio de una segunda plataforma, compuesta igualmente de vigas muy fuertes y de un cuadrado que podrá variar, calculándose sobre el esfuerzo que debe resistir, y la cual descanzará principalmente sobre las piezas de ángulo que tendrán su base fija en las esquinas de la plataforma inferior, en donde quedará sujeta por un armazón de fierro. Igual plataforma se adoptará para cada alto y en la parte superior de la cons-

trucción que tendrá un techo plano. En los lugares en que llueve mucho, puede colocarse sobre este techo un tejabán ligero de dos aguas.

Examinemos ahora la resistencia en la ruptura por flexión que presentarán las plataformas reunidas contra las cuales la acción del temblor hará obrar tan sólo el peso de los materiales que le son superiores al elevar la plataforma inferior y con ella toda la construcción alternativamente en todos los puntos de su base, y haciendo de este modo cargar en falso la parte del edificio que no sufre el esfuerzo. Claro es que la resistencia de las plataformas de los altos se añade a la de la inferior, pues que los materiales de aquéllos no hacen esfuerzo sobre ella, sino cuando la flecha de la de encima es superior a la de abajo.

Para hallar esta resistencia debemos servirnos de la fórmula que da la resistencia en la ruptura por flexión de una pieza rectangular que descanse sobre dos puntos de apoyo y estando el peso repartido con uniformidad, se tendrá:

$$P = \frac{4R\,a\,T^2}{3L}$$

en la cual P representa el peso que obra sobre las plataformas; R, la resistencia en la ruptura; L, el largo de la pieza; *a* el ancho de ella, y T su altura en el sentido del esfuerzo P.

Se ve que el valor de los diferentes términos de esta fórmula variará con arreglo a la calidad de las maderas que se empleen. Pero de cualquiera manera que sea, es necesario que la suma del valor P de las tres plataformas, comparada con el peso de los materiales de la construcción esté en una relación superior a aquélla más allá de la cual se altera la elasticidad de las maderas que se hayan empleado. Este peso de los materiales es fácil hallarlo, y varía mucho menos que la resistencia de las maderas

Se ha observado igualmente que para las casas de 10 a 15 metros de costado, de un piso y aun de dos, debían darse al piso inferior 22 centímetros de espesor y al superior solamente 11, hallándose que con plataformas de *teak* (madera de un árbol que abunda en el Sur de Asia y en las Islas Malayas) que es la más usada en Java y bajo las dimensiones propuestas, el peso de una construcción de dos pisos y de 225 metros de superficie (15 metros por lado), no hacía sobre las plataformas, en el caso en que una de las mitades estuviese a plomo, más que un esfuerzo que es al de la resistencia de las plataformas, como 2 : 15 o de 1 a 7,50, lo cual es más que el doble de lo que halló el Profesor Barlow, que obtenía que 1 : 0,32 era la relación de la ruptura en el punto en que se altera la elasticidad del *teak.* De todo lo cual se deduce que se podría hacer soportar este esfuerzo a las construcciones del país, de una manera permanente, cosa por lo demás enteramente inútil, puesto que es muy raro ver que un mismo sacudimiento dure un minuto, siendo lo común que los temblores, es decir, las ondas máximas que son las que pueden conceptuarse como destructoras, tengan como duración sólo unos cuantos segundos. Por lo demás, debe notarse que aun cuando el esfuerzo hecho por el peso sobre la plataforma fuese igual a la resistencia en la ruptura calculada de ésta, no se deducirá de ahí que debía tener lugar la ruptura, porque, primero, el coeficiente de resistencia de las maderas a la ruptura no ha sido resuelto comúnmente por los experimentos sino hasta despues de media hora de carga; segundo, porque los trabajos de carpintería que amarran las plataformas y la mampostería que las llena, tienen una rigidez propia que viene en auxilio de las plataformas, y tercero, porque en los casos más frecuentes

de la rigidez del movimiento ondulatorio del suelo, es tal, que las maderas no tienen tiempo para tomar su flecha de ruptura. Lo precedente establece que se puede fácilmente construir casas mayores que las comunes en las ciudades, con tal que se tengan maderas de cierta consideración, pero que sin embargo no salgan de las dimensiones más usadas. También se ve, sin necesidad de formar cálculos, que las construcciones hechas de esta manera no cuestan más que las de ladrillo o piedra que se acostumbran en los países de activa seismicidad. Puede darse el caso de que no se tengan maderas de las dimensiones requeridas, o bien que se desee construir habitaciones de mayor tamaño que las que se han tomado como ejemplo en las observaciones aquí asentadas. Dos soluciones pueden obviar estas dificultades: la primera consiste en unir planchas de hierro batido o forjado a la madera en sus dimensiones verticales, y que da los mejores resultados, o bien, si aun para esto no se tienen maderas suficientemente fuertes, podrían reemplazarse con viguetas de fierro las que debieran ser de madera, debiendo colocarse en galería por la parte interior y exterior de las paredes. No habrá más que recordar que se han construído desde el origen de su empleo, puentes de 120 a 140 metros de tramo sin puntos intermedios de apoyo, para convencerse de su apropiada aplicabilidad. En este caso, la fórmula que sigue establecerá una relación entre las diferentes dimensiones de las viguetas y su resistencia R.

$$M = R \frac{ab\,3 \quad a' \; b'^3}{6 \; b}$$

Pero tambien sería entonces necesario tener en cuenta en el cálculo de la sección la diminución de fuerza que ocasionan los agujeros de los remaches, a menos que se tenga la creencia de algunos constructores que suponen que las planchas de hierro no se debilitan en manera alguna por un remache bien hecho, apoyando su dicho en varias experiencias. Mas como la unión de las planchas de hierro al maderamen, o bien de las viguetas de hierro, es generalmente dispendiosa para desechar su uso en las construcciones, cuya principal condición después de la solidez, es la economía, se puede remediar este inconveniente empleando en la construcción de las plataformas unos armazones de madera en forma de enrejado, que son de gran solidez y que no exigen sino madera de poco peralte. Se pueden construir así: se fabrica con tablas gruesas o con piezas delgadas de madera, un enrejado cuyas partes superior e inferior se hallan aseguradas a uno o varios cruceros de madera más fuerte, ligados entre sí por los cabos o extremos con escuadras de fierro, los que habrá por todo el largo del enrejado que estará clavado o remachado con ellos. Esta especie de armazones se colocará uno al lado del otro para sostener cada cara de la pared de la construcción y habrá uno en cada piso.

Si se considera lo reducido del valor de la madera de cortas dimensiones, que se necesita para la construcción de estos armazones y la poca cantidad de ella, se verá que es fácil construir casas de 25 a 30 metros de lado, o sean 625 a 900 metros cuadrados de superficie.

Para determinar las dimensiones de estos armazones deberá uno servirse de la fórmula

$$2P = R \; e \; \frac{(H^3 - H^3)}{3 \; h \; l}$$

en la cual

2P = al peso que puede resistir el armazón,
l = la mitad del largo del armazón en metros,

H = la altura total del armazón,
h = la distancia de los cruceros,
e = el grueso de dos armazones juntos,
R = el coeficiente de ruptura.

En esta fórmula para nada se considera la rigidez propia del sistema de cruzamientos ni la circunstancia de que los armazones estén más o menos embutidos, aun en el caso más desfavorable. Esta última observación se aplica especialmente a las vigas de madera de que se hace uso en las casas ordinarias para hacer las plataformas. Esto garantiza que los cálculos quedan muy abajo de la resistencia verdadera de estas plataformas cuya fuerza real es casi doble. Parece superfluo decir que es indispensable dejar entre las casas construídas bajo este sistema un intervalo que variará según su altura, y el cual no debe ser menor de 0,50 centímetros para las casas de un solo piso y de 1^{m}50 para las de mayor altura. La necesidad de este intervalo se deja conocer cuando el suelo en su movimiento levanta un costado de la construcción, lo que hace avanzar la parte superior del lado opuesto hacia la construcción vecina, y produciría un choque o empuje que sería perjudicial para ambas. Además, este intervalo es favorable a la salubridad de las habitaciones, dejando alrededor de cada una de ellas una circulación más libre para el aire, así como también a la concentración del fuego en caso de incendio (fenómeno tan frecuente en los grandes terremotos) que no ocurrirá con mayor frecuencia que en las casas de piedra o ladrillo si se tiene el cuidado de dar a toda la parte de madera, tan luego como esté armada y antes de colocar el ladrillo que debe llenar los huecos, unas capas de pintura incombustible que libra admirablemente la madera de la acción del fuego, así como de la polilla y putrefacción, y cuyo costo no es elevado.

La construcción debe, en resumen, formar un todo homogéneo, compacto, cuyo conjunto debe moverse con el impulso del temblor, sin sufrir ningún disgregamiento.

Creo que este sistema de construcciones sería cómodo y eficaz para la parte séismica comprendida en la tierra caliente, primero, porque en esas regiones los habitantes no cuentan con elementos para construir casas costosas, y después, porque el calor, que es una de las principales molestias, no se dejará sentir con tanta intensidad.

IV

APENDICE

POR G. NEGRI

Italia y Japón comparten el honor de haber dado el primer y definitivo impulso a los estudios sísmicos cultivados actualmente con tanto interés en Alemania, en Hungría, en Norte América y un poco en todas partes.

De 1880 data la intensificación de los estudios de sismología en el Japón. Desde esa fecha, abandonadas las hipótesis y las teorías por las observaciones metódicas, continuas, convenientemente coordenadas y hechas con el auxilio de instrumentos cada vez más perfeccionados, Tokio se convirtió en el centro de investigaciones, o que se entregaron japoneses de gran cultura como Omori, Sekiga y Hattori, lo mismo que eminentes sabios europeos, tales como Verbeck, Wagner, Mondemhall, Ayrton, etc.

La nueva ciencia japonesa, al constituirse con orientación de ciencia experimental, adoptó en gran parte lo que habían hecho los italianos, perfeccionando instrumentos capaces de indicar los fenómenos sísmicos, sus fases y sus modalidades de un modo regular.

Japoneses y europeos estudiaron las vibraciones, determinando sacudimientos artificiales con poderosas cargas de dinamita o dejando caer enormes masas desde considerables alturas. Tales vibraciones, determinadas en condiciones y circunstancias conocidas y precisas, eran registradas en una serie de estaciones coligadas entre sí eléctricamente.

El examen y el análisis de esas indicaciones y de todos los hechos comprobados, permitió la construcción de mapas sísmicos. Se empezó a experimentar los nuevos procesos sobre una área de más o menos 30,000 metros cuadrados, se extendió después la aplicación a la planta de la ciudad de Tokio, y se llegó, por último, a experimentar hasta en una extensión de cerca de mil kilómetros.

En la Universidad de Tokio hay una cátedra de sismología (Omori), una oficina especial, anexa a ella, centraliza y estudia las observaciones sistemáticas de numerosísimas estaciones sísmicas, y el gobierno subvenciona ampliamente todo cuanto se refiere a tales estudios.

Se publican en el Japón varias revistas de sismología y vulcanología, entre las cuales ocupan uno de los primerísimos puestos The Bulletin of the Imperial Earthquake Investigation Comitte Tokio y The publication of Earth. Invest. Comm. Tokio, que estudian y discuten los resultados obtenidos con los sismógrafos.

Además, cada vez que se produce un terremoto desastroso en cualquier parte de la tierra, el gobierno envía al lugar de los sucesos, a fin de que hagan estudios, delegados extraordinarios, como lo hizo para el gran terremoto italiano del 28 de diciembre de 1908, enviando a Messina una comisión presidida por el príncipe de la sismología japonesa, doctor Omori.

* * *

En Italia los primeros instrumentos sísmicos fueron inventados y construídos a mediados del siglo pasado, por obra de Cacciatore, Cavalieri, Valmieri, etc., pero los estudios recibieron recién un notable impulso, cuando el P. Bertelli llamó la atención de los físicos sobre los movimientos expontáneos que se observan en los péndulos, muy delicados, llamados Tromómetros, si se aplica el microscopio a la lectura de esos movimientos tromométricos.

Dejo de lado la discusión y las vivaces polémicas que se produjeron acerca de dichos movimientos y promovieron de una manera especial cuidadosas investigaciones y ulteriores estudios, en que se distinguieron Bertelli, Monti, Rossi, Cecchi, Serpieri, Denza, Galli, Silvestri, y, más tarde, Mercalli, Taramelli, Issel, etc.

Se construyeron luego aparatos, y se fundaron con la ayuda oficial algunas pequeñas estaciones sísmicas, iniciándose y prosiguiéndose indagaciones de todo género, ayudadas también por particulares y colectividades que tenían empeño en el desarrollo de dicha ciencia. Se efectuaron así observaciones metódicas, a las cuales servía de órgano de publicidad el Boletín del Vulcanismo Italiano, dirigido por el Profesor De Rossi.

No puede afirmarse, por cierto, que todas las investigaciones emprendidas entonces tuviesen una gran importancia y fuesen todas encaminadas por senda recta. Pero importaría una verdadera ingratitud desconocer un gran mérito a dichos precursores, que fueron los *pionners* de la sismografía moderna; porque actualmente todas las naciones, incluso el Japón, tienen su punto de partida en los estudios hechos y en las conclusiones obtenidas por aquella legión de estudiosos italianos, beneméritos de la sismología.

La verdad es que muchos hechos fueron aclarados y muchas noticias fueron recogidas acerca de los terremotos, tanto pasados como recientes, y, que, por fin, algunas leyes fueron entrevistas. Hasta las tentativas menos felices sirvieron a menudo, si no para otra cosa, para mostrar cómo y dónde se debe de buscar la solución de ciertos problemas. Por obra del P. Denza, y de De Rossi, principalmente, fué organizado en forma definitiva, en buena parte de Italia, un servicio sísmico de positiva importancia, implantándose nuevas estaciones, nuevas áreas de experiencias con el resultado de que, en 1888, los lugares de observación alcanzaron a 492, entre estaciones de 1º, 2º y 3er orden, y a 678 en 1887.

Todas esas estaciones de 1º, 2º y 3er orden, fueron ubicadas en parajes elegidos distantes entre sí 20 kilómetros más o menos, por manera que toda la península, con las islas adyacentes, vino a quedar cubierta con una red de mallas iguales de puntos de observación.

Se trató de obtener por este medio, que ningún temblor, por débil que fuése, pudiera escapar a la estadística, haciéndose así posible el estudio racional de la frecuencia de los sacudimientos en las diversas regiones del reino.

Todas las estaciones fueron provistas desde entonces de unas tarjetas con un cuestionario que, después de llenado, debía enviarse a Roma, a la Oficina Central Geodinámica Italiana, encargada de centralizar y coordenar todas las observaciones, y es excusado decir cuán eficaces auxilios prestara en el asunto el servicio telegráfico.

* * *

Las más importantes noticias sísmicas de Italia eran publicadas primitivamente por el profesor De Rossi, en el Boletín del Vulcanismo Italiano, dirigido por él. La Oficina Geodinámica Central de Roma empezó a publicar el 16 de marzo de 1881, en el propio Boletín Meteorológico cuotidiano, una breve reseña (bajo el título de Actividad endógena) redactada por el mismo De Rossi, acerca del modo de comportarse del tromómetro, del micrófono y de los varios avisadores sísmicos, que, en los primeros tiempos, estaban colocados en la propia habitación de De Rossi, en Roma, y más tarde fueron instalados en el piso, a ras de tierra del local del Real Comité Geológico. Esta rúbrica alcanzó un mayor desarrollo, a partir de 1888, o sea desde cuando la misma Oficina Central empezó a publicar en apéndice del Boletín Meteorológico varias noticias sísmicas que le eran comunicadas por telégrafo. Y así continuó hasta 1890.

Comunicaciones sísmicas separadas empezaron a ser publicadas recién, a partir de 1887, y precisamente en forma de suplementos, en litografía, en el recordado Boletín Meteorológico; pero durante los años de 1887 y 1888 fueron éstas publicadas a intervalos absolutamente irregulares, según las necesidades. Finalmente, el 1º de enero de 1895, empezó su publicación el Boletín de la Sociedad Sismológica Italiana, fundado precisamente ese año, por obra del profesor P. Tachini, en unión del Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio.

Estamos actualmente en 1910, y el Boletín de la Sociedad Sismológica Italiana, dirigido por el físico y sismólogo eminente doctor Luis Palazzo, que ha venido dándole progresivamente un mayor desarrollo, tiene quince años de gloriosa vida, saturada de investigaciones y estudios de eminentes sismólogos italianos y de otras nacionalidades. La Sociedad Sismológica Italiana, a cuyo frente está también el doctor Palazzo, debe tener un legítimo orgullo, porque habiendo nacido en modestísima cuna, ha alcanzado un lugar importantísimo entre todas las sociedades congéneres, a punto que se honrarán en pertenecerle muchísimos sismólogos y cultores de la física terrestre de otras nacionalidades y de fama mundial.

* * *

Tanto la importante «The Earthquake Investigation Comitte Publication», como el «Bolletino della Societa Sismológica Italiana,» bajo el patrocinio de Su Magestad Imperial el Mikado, aquélla, y Su Magestad Real de Italia, ésta, tienen continuamente al corriente a los cultores de la Sismología, en dos partes del mundo tan distintas entre sí, como Tokio y Roma, acerca de las investigaciones que el hombre efetúa para llegar algún día a la suprema resolución de estos problemas. Otras revistas similares en Suiza, Bélgica, Holanda, Inglaterra, Alemania, Rusia, etc., bajo la dirección de eximios sismólogos, dan también continuo impulso a los estudios e investigaciones sísmicas.

*
* *

La primera exposición de instrumentos sísmicos, se efectuó en 1900, en ocasión de la Exposición Universal de París; concurrieron a ella Rusia, Inglaterra, Alemania, Japón, Italia y México, y obtuvo Italia la más alta recompensa.

La primera Conferencia Internacional de Sismología se realizó en Strasburgo durante los días 12 y 13 de abril de 1901. Estuvieron oficialmente representadas en ellas los Gobiernos de las siguientes naciones: Alemania, Austria, Hungría, Rusia, Suiza, Japón, Italia, Dinamarca y Bélgica.

En ella disertaron:

Rudolph, acerca de la extensión y organización de las observaciones microsísmicas.

Levtska, acerca de las observaciones sísmicas realizadas en Rusia y de los trabajos hechos por la Comisión Sismológica Húngara.

El profesor Futterer, acerca de los terremotos de Baden y Alsacia Lorena.

El profesor Gunther, acerca de las observaciones sísmicas hechas en Baviera.

El Dr. Hecker acerca de las instrucciones generales para los observatorios, con respecto a la elección de los instrumentos.

Se convino en adoptar para todos los países el tiempo de Greenwich, debiéndose contar las horas, según el uso astronómico, desde medio día y de $0^{h.}$ a $24^{h.}$

El profesor Darwing, de Cambridge, y el profesor Grablovitz, de Ischia, presentaron cartas y comunicaciones con respecto, respectivamente, a los movimientos sísmicos de las minas y a algunos progresos instrumentales realizados en Italia.

El profesor Wiechert, aportó dos importantes contribuciones: una nota referente a la probable relación entre los movimientos tromométricos en Gottinga y el rompimiento de las olas en las costas de la Escandinavia, y la otra, de índole matemática, sobre la sensibilidad de los diversos instrumentos pendulares.

El profesor Oddone resumió sus investigaciones sismométricas con aparatos no pendulares.

El profesor Lagrange discurrió a propósito de los sismos en las minas de Bélgica.

Se echaron las bases de los Estatutos de la Asociación Internacional de Sismología, votándose a título provisorio que la sede de la Oficina Central Internacional (Central Bureau) estuviese en Strasburgo.

Por fin: Omori, presentó una relación acerca de algunas experiencias hechas por él sobre las vibraciones de las altas chimeneas y de los puentes de hierro; y el Profesor Belar disertó a propósito del periódico sísmico mensual alemán "Die Erdbebenwarte", digno émulo de las revistas sismológicas arriba mencionadas.

La Segunda Conferencia Internacional de Sismología también se celebró en Strasburgo en julio de 1903. Estuvieron representadas en ella los Gobiernos de Suiza, Rusia, Rumanía, Portugal, Holanda, México, Japón, Italia, Hungría, Austria, Inglaterra, Estados Unidos de Norte América, España, Congo, Chile, Bulgaria y Bélgica.

Se discutió en ella el proyecto de una convención concerniente a la organización internacional de las investigaciones sismológicas. Koveslighethy discurrió a propósito de las observaciones gravimétricas en conexión con los lentos movimientos de la corteza terrestre; Omori, Wiechert y Mezelli, de los movimientos microsísmicos y de las oscilaciones pulsatorias en relación con el movimiento undoso del mar y con las variaciones barométricas; Tanakadate, de las variaciones de nivel y

de las variaciones de vertical; Lewitzky, de los trabajos teóricos y prácticos del Príncipe Galitzin para deducir de los movimientos de un péndulo horizontal el verdadero movimiento de la corteza terrestre, etc.

Gunther habló de los fenómenos acústicos sísmicos, poniendo en evidencia de que en Italia se tenían realizadas investigaciones al respecto; y Cancani expuso los resultados obtenidos.

Borgen y Gunther hicieron algunas comunicaciones acerca de la relación entre el sismo y la aguja magnética.

Se formularon votos porque el Gobierno Turco tuviese cuidado de sus estaciociones sismológicas, que en 1895 habían sido organizadas por Agamennone.

El Profesor Palazzo que, sea dicho de paso, había sido encargado por todos los delegados para contestar en nombre colectivo a S. A. el Príncipe Imperial su discurso de inauguración del Congreso, presentó un trabajo del Dr. Contarini, en el cual éste demuestra la necesidad de que se proceda a la elección de tipos uniformes de instrumentos sísmicos, que proporcionen la posibilidad de estudiar los diagramas según métodos rigurosamente matemáticos, afirmando en conclusión que la Sismología se esparciará siempre en un mar de hipótesis más o menos verosímiles, y no llegará nunca a ser una ciencia positiva hasta tanto se describan materialmente los diagramas, limitándose a la sola aplicación de los principios de la matemática elemental, lo que también habría sucedido con la Astronomía, si los astrónomos se hubieran contentado con la trigonometría esférica repudiando las dificultades de la mecánica celeste.

Leyéronse en seguida dos memorias del Dr. Agamennone, una acerca del método fotográfico para el estudio de los bradysismos y otra acerca del Observatorio Geodinámico de Rocca di Papa en 1902.

Se votó el mantenimiento de la escala de Forel, hasta tanto no estuviesen terminados los trabajos de Cancani y Omori, tendientes a modificarla según conceptos experimentales modernos. Se nombró una comisión para que examinase el tipo de los instrumentos más aptos para los diferentes observatorios.

Y se leyeron, en fin, el programa general de la encuesta científica en relación a la observación sistemática sobre los terremotos submarinos, hecha por Rudolph y las observaciones acerca de la temperatura subterránea.

*
* *

Antes de la celebración de estas conferencias internacionales, en septiembre de 1902, se realizó en Italia el Primer Congreso Sísmico Nacional, organizado por la Sociedad Sismológica Italiana.

Presidió el Congreso el Dr. Tacchini, y disertaron en él:

El Dr. Agamennone, sobre un modelo de las registraciones sísmicas a pequeñas velocidades, discutiéndose acerca de la necesidad de aumentar las estaciones de observación y de crear estaciones magnéticas correlacionadas con estaciones sísmicas, acerca de las *sesse* de los lagos y de la forma de las ondas de procedencia geodinámica, etc.

El Dr. Grablovitz, del Observatorio de Ischia, sobre ondas, haciendo brillantes experimentos y produciendo artificialmente una sospechada componente vertical, etc.

El P. Melzi, sobre los péndulos aperiódicos.

El P. Alfani, sobre un nuevo sismoscopio.

El Dr. Contarini, sobre los problemas generales de la sismografía.

El profesor Ricco, sobre el magnetismo en relación a la gravedad.

Se discutió acerca de la diferencia que presentan los diagramas según los producen terremotos lejanos o próximos de los tipos especiales de diagramas obtenidos en minas de carbón fósil, etc.

Finalmente, el Profesor Oddone disertó acerca de los deflectómetros, etc.

Durante las sesiones del Congreso, que se efectuaron en el salón del Ateneo de Brescia, permanecieron expuéstos al público muchísimos instrumentos sísmicos.

* * *

Después se efectuaron: la reunión Internacional de Franfurt sobre el Mein, en octubre de 1904, y la conferencia de Berlín en 1905, que no tuvieron más propósito que esclarecer algunos puntos de susceptibilidad internacional y consolidar la citada Asociación Sismológica Internacional.

* * *

Desde el 16 hasta el 20 de octubre de 1906 se efectuó en Roma la primera reunión de la Comisión permanente de la Asociación Sismológica Internacional, en la cual estuvieron representadas por sus delegaciones oficiales los gobiernos de dieciséis naciones.

Fueron elegidos: presidente el Dr. Palazzo, representante de Italia, y vicepresidente el Dr. Van der Stok, representante de Holanda.

En ella el representante de los Estados Unidos de Norte América dió cuenta de que el interés por los estudios sismológicos había ido acrecentándose mucho en su país; que muy especialmente después del terremoto de San Francisco, fueron puestos en funciones numerosísimos seismógrafos del tipo Italo-Alemán, y que se había formado en California una Sociedad Sismológico Norteamericana, análoga a las sociedades sismológicas italianas.

El profesor Lecointe y el profesor Gerland recordaron la participación que tuvo la Asociación Sismológica Internacional en el estudio sísmico de las regiones polares y los arbitrios tomados con referencia a las observaciones de los fenómenos sísmicos de las altas latitudes para obtener de dichas expediciones enseñanzas útiles.

Hízose, después, discusión acerca de los dos grandes terremotos de San Francisco y Valparaiso, y se dió encargo a la Oficina de Strasburgo de hacer una publicación completa sobre dichos fenómenos.

La Comisión Permanente se enteró de la relación que hizo el doctor Palazzo acerca de la fundación de estaciones sismológicas en la Eritrea, y aplaudió la iniciativa, estimulándola vivamente.

La Sociedad Alemana para la explotación científica de la Palestina, representada en la reunión, solicitó la cooperación de la Comisión Permanente para la fundación de una estación sísmica internacional en Palestina, y la Oficina Central pidió la de la Asociación para fundar una estación internacional en Rejkjaviken, Islandia.

Delicadas consideraciones de carácter internacional, indujeron a la Comisión a aplazar la resolución de ambas mociones hasta la próxima reunión de La Haya.

El profesor Gerland solicitó que la estación de Disko, en Groenlandia, fuera dotada de un péndulo vertical.

El profesor Lewitzky recomendó la implantación de una estación sísmica internacional en Kaschgar, China.

La Oficina Central expresó el deseo de ver ejecutados en las regiones vesubianas algunos trabajos, que, además de comprender estudios sísmicos, comprendan también estudios sobre la electricidad atmosférica, manifestando el Profesor Palazzo que el Profesor Chistoni habría sido la persona más indicada para los estudios de electricidad atmosférica sobre el Vesubio; el profesor Loperfido, del Instituto Geográfico Militar de Florencia, discurrió acerca de la nivelación de precisión en los alrededores del Vesubio.

El profesor Kovesligehty disertó en seguida apropósito de las medidas de la gravedad, en relación a la Sismología.

Se consideró luego, y se aprobó, una moción tendiente a solicitar la cooperación de los Institutos Magnéticos y de la Asociación Geodésica Internacional, para la investigación de las eventuales relaciones existentes entre los terremotos, magnetismo terrestre y gravedad.

El astrónomo y geodesta, Profesor Celoria, presidente de la Comisión Geodética Italiana, aseguró a la Asociación Sismológica Internacional, que la institución por él presidida, le prestaría todo el apoyo posible; y el Profesor Palazzo manifestó otro tanto por lo que se refería al Instituto Geográfico de Florencia, prometiéndole a dicha Asociación todo el apoyo de la congénere italiana, como también el de todos los centros científicos italianos de carácter geodinámico, que indirecta o directamente pudiesen aportar su contingente a la Asociación Sismológica Internacional. Los representantes del Japón y otras naciones hicieron declaraciones análogas.

El señor Van der Stok formuló en seguida una moción, recomendando a cada uno de los delegados la preparación y envío a la Oficina Central, de una lista de las estaciones mareográficas existentes en sus rerpectivos países, recomendándoles mucho que se interesasen por la instalación de los nuevos mareógrafos.

El profesor Kovesligethy disertó acerca de una confrontación hecha por él, entre la escala de intensidad sísmica de Rossi Forel y la absoluta de Cancani. Ambas están ligadas por una ecuación especial, a la cual, en homenaje a Italia y al finado sismólogo italiano, llamóse «Ecuación Cancani».

El mismo presentó, además, una estimable obra de sismología matemática, escrita en latín, dedicada a la Sociedad Sismológica Italiana, e intitulada «Seismonomia in honorem I Consessus Associationem Internationalem Seismologicam Procuratium Romam convocati: scripsit R. de Kovesligethy professor Hungarus: Publicandam curavit Societas Sismologica Italica».

Finalmente, el Profesor Forel, propuso la moción siguiente:

«La Comisión Permanente ruega a los Delegados de cada uno de los gobiernos, obtengan de éstos, en cada Estado, un acuerdo entre Observatorios particulares, a fin de que una persona competente esté encargada y disponga de facilidades para recoger órdenes y coordenar las observaciones sismológicas que hayan de ser tramitadas a la Oficina Central.

* * *

La segunda reunión de la Comisión Permanente y primera asamblea general de la Asociación Sismológica Internacional tuvo lugar en la ciudad de la Haya, durante los días 21 a 25 de septiembre de 1907.

Contemporáneamente con este Congreso tuvo lugar en dicha ciudad otro por

la paz universal, en el cual, un argentino ilustre, el doctor Roque Saenz Peña, sostuvo y demostró que, en las divergencias entre Estados, el cañón debe ser substituído por el arbitraje.

El otro Congreso era de defensa de todos los Estados confederados en la Asociación Sismológica Internacional, contra el común enemigo: el terremoto.

La Humanidad debe gratitud a los brillantes Estados mayores de una y otra falange . . .

En esta segunda reunión de la Comisión Permanente y primera asamblea general de la Asociación Sismológica Internacional, estuvieron presentes sesenta Delegados Oficiales, quienes representaban a los gobiernos de Alemania, Bélgica, Bulgaria, Canadá, España, Estados Unidos de Norte América, Francia, Inglaterra, Grecia, Austria, Hungría, Japón, Italia, México, Holanda, Rusia, Servia y Suiza.

La Comisión Permanente inició sus trabajos el 21 de septiembre, abriendo el acto el doctor Palazzo, que presidió la asamblea, con un discurso en que presentó a los concurrentes el saludo inaugural, manifestando su complacencia por los trabajos internacionales efectuados por la Oficina Central de Straburgo y la de cálculos sismográficos de Budapest, agradeciendo al Comité de La Haya su acción, y declarando iniciada la segunda reunión de la Comisión Permanente.

Discutido que se hubo acerca del balance y de algunas cuestiones financieras, se procedió al nombramiento de un Jurado encargado de producir su fallo en el concurso de instrumentos sísmicos destinados a las estaciones en segundo orden.

En la segunda reunión, el Director de la Oficina Central y el Secretario General, dieron cuenta de la marcha científica de la Asociación y de la actividad de la Oficina de Straburgo, después de lo cual se discutió el programa del a Oficina Central para los años subsiguientes, proponiendo el Profesor Wiechert, que se agregase a él un vásto estudio acerca de los microsismos, tendiendo a decidir, de una vez, si ellos provienen de situaciones barométricas especiales o de la irrupción de las ondas marinas a lo largo de las costas, proposición que fue debatida por los señores Galitzin, Schuster, Rudloph, Klotz, Levitzky, Gerland y Forel, repitiéndose cosas bien conocidas en Italia, donde tal cuestión viene siendo discutida, afortunadamente, desde hace unos cuarenta años, como he tenido ocasión de exponer en la primera parte de este trabajo.

En definitiva, se nombró una comisión para que en la reunión siguiente aconsejara la forma en que dichos estudios debían realizarse.

En la tercera reunión se discutieron los medios conducentes a la instalación de estaciones en Kangar, en el Turquestán Chino y en la región ártica de Disko; y se consideró el mejor modo de recopilar la bibliografía sismológica de todo el mundo, con respecto a cuyo asunto manifestó el doctor Palazzo que el señor Davison había escrito a la Asociación ofreciéndole más de mil quinientos títulos coleccionados por él, garantiendo que continuaría la recopilación.

Se puso a la orden del día una moción, por la cual se invitaba a todos los Estados confederados en la Asociación, a realizar en la misma forma que Italia la labor bibliográfica compilada por la Oficina Geodinámica Italiana, como único modo de asegurar la compilación de gran parte de la bibliografía sismológica universal; y los señores Lecointe, Darbouse y Lagrange, recordaron que la Real Sociedad de Londres había realizado un gigantesco esfuerzo tendiente a completar la bibliografía de las ciencias exactas, disponiendo a la sazón, de corresponsales en todos los países civilizados.

En conclusión, se aprobó la sigiente orden del día: «La Comisión Permanente

encarga a la Oficina Central la tarea de efectuar la publicación anual de la bibliografía sismológica».

Se debatió en seguida la importancia que tenía el continuar la publicación de los catálogos de los macroseismos del globo entero; y, a propuesta de los señores Palazzo, Lagrange y Koveslighethy, se votó la siguiente declaración:

«La Comisión Permanente expresa su opinión de que la Oficina Central debe encargarse, en lo posible, de distribuir entre los Estados asociados, una nota explicativa y un cuestionario acerca de los fenómenos de los Mispoeffers; y de la instalación de estaciones sísmicas en las costas belgas para el estudio de dichos fenómenos».

Se discurrió en seguida acerca de un Código Internacional para la transmisión de los telegramas sísmicos y de la organización de un servicio universal de correspondencia telegráfica, análoga a la que se practica para la transmisión de noticias astronómicas.

El P. Melzi presentó a la reuniún un sismograma proporcionado por los péndulos horizontales del Observatorio de Querce, reproducido en fotozincotipía, recomendando este sencillo procedimiento de reproducción.

El doctor Rosenthal disertó a propósito de la utilidad del catálogo de los microsismos, y Wiechert sobre las registraciones sísmicas, en cuanto nos revelan los secretos del interior de la tierra.

Rosenthal hizo la crítica de los métodos para la interpretación de los sismogramas y precisó el problema de las determinaciones del epicentro con ejemplos proporcionados por las grandes registraciones del año de 1904.

El profesor Wiechert resumió las vistas modernas acerca de la densidad del material terrestre profundo y de la velocidad de las distintas ondas sísmicas. Admitió en los terremotos dos categorías de ondas que atraviesan la tierra en todos sentidos, mientras que una tercera especie limita su propagación a la superficie. Teniendo en cuenta el fenómeno del aplanamiento del globo, la variación de la latitud y la atracción luni-solar, llegó a la conclusión de que la tierra está constituída por un enorme núcleo de hierro de un radio igual a cuatro quintos del radio terrestre; el quinto restante constituye la costra rocosa.

* * *

Juntamente con las reuniones de la Comisión Permanente, se celebraron en La Haya varias asambleas de la Asociación Sismológica Internacional.

En la primera, el Sr. A. W. Cremer, Ministro de colonias, pronunció el discurso inaugural. Presentó a los Congresistas el saludo de los Paises Bajos, y despues manifestó que el problema sismológico interesa en sumo grado a ese país y de un modo especial a sus colonias. Reseñó algunos detalles de la catástrofe de Krakatova, a la cual asistió él desde Batavia, y reconoció las ventajas que pueden derivarse de una organización universal, entre los estudiosos de los fenómenos sísmicos. Y manifestó, por fin, que veía con satisfacción la labor de los dos Congresos en La Haya: uno de paz y otro de defensa contra las ciegas y brutales fuerzas de la naturaleza.

La contestó el doctor Palazzo, agradeciendo al Ministro de Colonias, en nombre de la Asociación y resumiendo el problema sismológico, sus afortunadas investigaciones recientes y sus miras audaces para el porvenir.

Reseñó los progresos de la técnica de los aparatos, las teorías, las investigaciones de los campos afines y los problemas que la sismología se propone resolver, con-

cluyendo finalmente con hacer la afirmación de que los progresos de la sismología moderna sólo podrán ser verdaderamente reales, si todas las fuerzas internacionales se unen.

El Profesor Schuster, propuso que la sede de la Oficina Central permaneciese por otros cuatro años en Estrasburgo, y así lo resolvió la asamblea.

Lo agradeció el señor Director de esa Oficina, declarando, que le sería grato hospedar en el Instituto de Estrasburgo a todos aquellos que fuesen enviados por cualesquiera de los varios Estados asociados para ejecutar trabajos o hacer estudios.

El Sr. Rudolph propuso que siempre se indicase claramente cuál tiempo se empleaba en los sismogramas.

La asamblea aprobó la siguiente moción formulada por el Dr. Oddone: «Hay interés en proseguir los estudios acerca de una posible correlación entre los fenómenos sísmicos, los del magnetismo terrestre y el paso de las manchas solares por el meridiano central».

Y el Profesor Rudolph dió cuenta de un mapamundi sismológico que se tenía en preparación en Estrasburgo.

En segunda sesión de la asamblea general, el príncipe Galitzin descubrió en una brillante conferencia un aparato pendular, de su invención, a apagamiento electro-magnético, explicando su teoría y poniendo en evidencia sus méritos.

El Dr. Majnca discurrio acerca de los trabajos de índole instrumental, efectuados en Estrasburgo, hablando detenidamente de la construcción de un péndulo horizontal a apagamiento mecánico.

El Profesor Omori hizo una reseña detallada acerca de sus importantísimos estudios sismológicos, especialmente en lo que se referían al gran terremoto Indiano de 4 de abril de 1905.

Y el señor Simoens disertó acerca de la Sismología en sus relaciones con la tectónica.

Kovesligethy leyó una nota, en la cual expuso los nuevos elementos que se deben observar en los cálculos sismológicos.

El señor Wat Zof habló de los fenómenos acústico-sísmicos en Bulgaria.

El señor Agammenone disertó a propósito del agua como causa indirecta de los terremotos.

El señor Rosenthal hizo consideraciones matemáticas sobre la propagación de las ondas sísmicas largas.

En la última sesión de la Comisión permanente (25 de septiembre) fué aprobada la siguiente moción:

«La Oficina Central queda encargada de la reloección de materiales, de la redacción y publicación de los catálogos de la tierra entera.

Esa publicación será anual y no podrá atrasarse en más de tres años.

Para procurarse noticias, la Oficina Central se dirigirá a la Comisión de los Estados asociados y a corresponsales especiales, cuya designación recaerá posiblemente en personas competentes, en los Estados no asociados.

La Oficina Central está autorizada para proseguir los catálogos de los macroseismos de 1905 y siguientes».

*
* *

Con posterioridad, se han celebrado: el Congreso de Zermatt y el de Manchester en 1911, y los de índole general en Santiago de Chile, en 1906, y de Buenos Aires, en 1910, en los cuales también fueron tratados algunos asuntos de sísmica.

BIBLIOGRAFIA SEISMICA MEXICANA

Adorno Juan C.

— Memoria acerca de los terremotos en México, escrita en octubre de 1864.—Edición de El Pájaro Verde, México, 1864. Imp. Villanueva.

Aguilar y Santillán Rafael.

— Bibliografía Geológica Minera de la República Mexicana.—Bol. Inst. Geol. núms. 10 y 17. 1898. Imp. Sec. Fom.
— Extracto de la Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, 1905–1916.—Bol. Minero, 1. 1916 núms. 1, 2, 4, 5, 9; núm. 2. 2.

Aguilar y Santillán R. y Puga Guillermo B.

— Les tremblements de terre du Mexique 3 et 29 mai 1887.—La Nature, París, 1887. 2 semestre, 182–198.
— Catálogo de temblores de tierra y fenómenos volcánicos verificados en la República Mexicana. Año de 1889. Mem. Soc. Alzate. IV. 179 . . . id. 1890 . . . id. IV. 323.

Aguilera José G.

— Estudio de los fenómenos séismicos del 3 de mayo de 1887. Bavispe, Son. An. Min. Fom. 1888. X. 5.
— Informe relativo a la Segunda Conferencia Seismológica Internacional, celebrada en Strasburgo en julio de 1903.—Mem. Fom. 1901–1903, p. 298–304.
— Les Volcans du Mexique dans leur relations du relief et la tectonique du Pays.—Mexico. 1906. C. R. X. Congrés Geologique International.
— Reseña acerca del establecimiento del Servicio Seismológico en México.—Bol. 36 Inst. Geol. p. 5–8 y 1 carta.

Alarcón Pedro.

— Efemérides pronosticadas a los felices temporales del año de 1730.—México. Contiene datos séismicos.

Alcedo Antonio de.

— Diccionario geográfico–histórico de las Indias Occidentales o América.—Madrid, 1786–1789. 5 t. 8°. Con datos sobre temblores.

Bárcena Mariano.

— El temblor del día 28 de enero de 1879.—Bol. Min. Fom. IV. núm. 17.
— Estudio del terremoto del 17 de mayo de 1879 . . . íd. IV. núm. 63.
— Los terremotos de Jalisco.—Bol. Soc. Geog. Est. 3ª Época, 1873–1882. II. 240. El Propagador Industrial, núm. 6.
— Geología Dinámica.—Prop. Ind. núm. 10, p. 111–114.

Bárcena Mariano y Matute Juan I.

— Informe sobre los temblores de Jalisco y la erupción del volcán del Ceboruco, presentado al Ministerio de Fomento.—An. Min. Fom. I. 1887. 115.

Barroeta Gregorio.

— El temblor del día 26 de noviembre de 1887.—Correo de San Luis. San Luis Potosí, 1887, núm. 280.

Becher.

— Notice sur les tremblements de terre qui ont causé des desastres a Acapulco.—En. Dupetit Thouars. Voyage de la Venus. Relation Historique. II. 212. Report por Perrey. N. 4220.

Bigourdan G.

— Le tremblement de terre de 26 mars 1908. (Chilapa Mexique) enregistré a Paris.—C. R. Ac. Sc. 146, 30 mars 1908, p. 673.—Soc. Alzate, 25, 1907–1908, p. 88.

Boscowitz Arnold.

— Les Volcanes et les Tremblements de Terre, illustré de 16 gravures en couleur et de 40 compositions sur bois, par Eug. Ciceri. Paris.—Paul Ducroc, Edit. (Mención a México.)

Bose Emilio.

— Sobre las regiones de temblores de México.—Soc. Alzate. XVIII, 1902. 159. México.
— Los temblores de Zanacatepec, Oaxaca, a fines de septiembre de 1902. Estado actual del volcán de Tacaná, Chiapas.—Parergones. Ins. Geol. Tom. I. núm. 1. 1903.
— La organización del estudio de los temblores sobre toda la tierra.—Rev. Soc. Alzate, 1903 (20.) 7. 9.
— Mittelamerikanische Erdbebennachrichten. VII. 27. Laibach. 1907–08.

Bose E. y Angermann Ernesto.

— Estudio sobre el temblor del 16 de enero de 1902 en el Estado de Guerrero.—Parerg. Inst. Geol. Tom. I. núm. 5. 1904.
— Sobre el origen de los últimos grandes temblores de tierra de California y de la costa Este de Guerrero.—Soc. Alzate XXX. 135–162.—1911.

Bose E. y García y García Jesús.

— Informe condensado sobre la construcción de edificios de madera a prueba de temblores. Traducido de "Publications of the Earthquakes Investigations Committe in foreing languajes.»—Bol. Inst. Geol. 36. p. 58–62 con 26 figs.

Bose E., Villafaña Andrés y García y García J.

— El temblor del 14 de abril de 1907.—Parerg. Inst. Geol. Tom. II. núm. 4, 5 y 6. 1908. México.

Burckhardt Joseph.

— Das Erdbeben in Mexiko amm 19 juni 1858.—Beitrage d. Koln. Zeit von 1858. Nr. 218. N. J. M. G. 1858. p. 726.

Buzeta Pedro J.

— Relación de los terremotos sucedidos en los días 25 y 26 de junio de 1739.— México, 1739.

Camacho Heriberto.

— Interpretación de algunos diagramas de temblores de focos cercanos al Sur de Tacubaya, D. F.—Bol. Soc. Geol. Méx. Tom. VII. 1911. México.
(Véase Muñoz Lumbier M. y Urbina Fernando.)

Chassin.

— Sur le tremblement de terre survenu au Mexique le 11 mai 1870.—C. R. Ac. Sc. París. 71. 1870. 2 semestre, págs. 329–331.

Cappelletti Enrique M.

— Dictamen sobre la improbabilidad del temblor anunciado en México para el 10 de agosto.—Puebla, Imp. del Col. Pío de Artes. 1887–8º, 13. págs.

Cárdenas Juan.

— Primera parte de los problemas y secretos maravillosos de las Indias. México. Pedro Ocharte, 1591. 8º, 246. págs. Se ocupa de temblores.

Castro C. y Rangel Manuel.

— Informe acerca de los temblores de la ciudad de Tehuantepec, presentado a la Secretaría de Fomento.—An. Min. Fom. XI. 1893. 143.

Contreras Juan N.

— Seismología Geográfica. (Los ruidos subterráneos de Guanajuato.) Min. Mex. 2. 1874–75. núm. 37.

— Meteorología Práctica. Nuevos Métodos de Predicción. Guanajuato, Imp. J. Rodríguez, 1895. 8º, 175 y 1 lámina.

— Las variaciones barométricas en relación a los fenómenos séismicos. (Seismología. 151–157.)

Cora Guido.

— I terremoti di Jalisco. Cosmos, Torino, 4. 1878, p. 294.

Crisóstomo (Fray Manuel de San Juan y Martínez Joaquín).

— Dictamen que sobre el estado del volcán del Colli y los temblores que de 25 de marzo a 27 de mayo del presente año de 1884 se sientieron en la ciudad de Guadalajara, formó la Comisión nombrada para el efecto, por el Gobierno del Departamento. — Inf. Fen. Geol. Jalisco, 1875. 2. p. 239–289.

Cruz Abraham.

— Seismología Geográfica. Breves apuntes sobre los fenómenos plutónicos en México.—Min. Mex. 1. n. 32.
— El hundimiento de Guanajuato.—Min. Mex. 2. 1875. n. 38–39:

Daubree A.

— Los terremotos.—Bol. Min. Fom. 10. n. 142–146. Mayo de 1886.

Deckert Dr. E.

— Die Erdbebeoherde und Schuttergebiete von Nord Amerika in the ren Bezichungen zu den morhpologischen Verhaltnissen Z. der. Ges. f. Erdkunde. Berlín, 1902, n, 5. pp. 367–389. 8 tafel. 4–7.
—Atribuye la mayor parte de los terremtos de las comarcas pacíficas de México a supuestos asentamientos subterráneos de la costa.—Bol. Soc. Alzate. (n. 3996).

Denza Francesco.

— Effemeridi sismiche messicane nel 1888. — Bull. Soc. Met. It. nov. 1889, p. 184.

Díaz Severo.

—Los temblores sentidos en Guadalajara en el año de 1912. Obs. Ast. y Met. del Seminario. Guadalajara, 1913.

Dollfus Auguste.

—Voyage Geologique dans la Republique de Guatemala et le Salvador. (Mission Scientifique au Mexique et dans l'Amerique Centrale). París, Imp. Imperiale. 1868. fol.

Flores Teodoro.

—Algunas reglas para construir en los países en que tiembla.—Bol. 36. Inst. Geol. p. 62–68 y 8 fig.
—Conferencia leída el 5 de septiembre de 1910 en la Estación Seismológica de Tacubaya, con motivo de la inauguración del Servicio Seismológico Nacional.—Bol. Inst. Geol. 36, 1918–p. 8–16 y 8 láminas.

Fossey M.

—Sur les tremblements de terre a Oxaca et a Colima.—Le Mexique, 350-397. París, 1857.

Galeotti H. G.

— Sur les tremblements de terre et les etoiles filants. — Bull. Ac. R. Sc. Belgique. 8. II. 1841. p. 437-441. Con noticias de temblores de México.

Gay José Antonio.

— Historia de Oaxaca, México. Imp. del Comercio. Dublán y Comp. 1881. 2. t. en 8º Trae noticias de Temblores.

Gómez de la Cortina José.

— Terremotos. Carta escrita a una señorita por . . . — México, 1840. Observaciones sobre el electromagnetismo. — Bol. Soc. Geog. 7. 1859. p. 53-60. (Se ocupa de temblores).

— Ensayo de una Seismología del Valle de México.—Bol. Soc. Alzate. XVIII. 1902. 159. México.

Goodfellow George E.

— The Sonora Earthquake.—Science. 11. 1888. p. 162-166.

Hay Guillermo.

— Renseignements sur Texcoco. — Arch. Comm. Sc. Mexique. 2. 1867. p. 311-333. (Con notas sobre temblores).

Holden Edward S.

— List of recorded earthquakes in California, Lower California, Oregon and Washington Territory. Compiled from published Works and from private information. Sacramento, J. Young. 1887. 8º, 78 p.

Humboldt Alexander von.

— Sur les tremblements de terre au Mexique. Un essai politique sur la Nouvelle Espagne. I. 303. (Menciona a México).

— Cosmos. Fenómenos séismicos. (Menciona a México).

Instituto Geológico de México.

— Parergones. Tom. II núm 10.—Tom. III, núms. 3, 8 y 10.—Tom. IV. núm. 1.—Tom. V, núms. 1, 3, 6 y 8, Catálogos de los temblores, macro y microseismos sentidos en la República Mexicana y registrados en las Estaciones de la Red Seismológica.

Junta de Ingenieros de Guadalajara.

— Trabajos emprendidos con motivo de los temblores de 1912. — Tip. de la Esc. de Art. y Of. del Estado. 1912.

Laguerenne Theodoro.

— Estado de Tabasco. Descripción Topográfica. — Soc. Alzate. XVII. 125. México. Trata de la seismicidad de Tabasco.

McDonald B.

— Remarks on the Sonora Earthquake. — Bull. Seismolg. Soc. of America. Vol. VIII. núms. 2–3. 1918.

Marmolejo Lucio.

— Efemérides Guanajuatenses.—Gto. Imp. Col. Art. y Ofic. 1883–1884. (Con noticias sobre temblores).

Martínez Joaquín.

— Examen de los Volcanes y Temblores. — Inf. Fen Geol. Jalisco. 1875. 2 págs. 290–320.

Marrón y Miranda Manuel.

— Los terremotos del mes de abril de 1907. — México, 1907.
— Los temblores de tierra del año de 1908. — Mem. Soc. Alzate. Tom. 28. 93–96.—1909.
— El temblor de tierra del 7 de junio de 1911. — Soc. Alzate. Tom. XXXII. 27–66. 1912. México.

Marwin C. P.

—Temblor mexicano 15 de abril de 1907.— The Kingston Earthquake.

Montserrat José D.

— Tremblement de terre ressenti le 2 janvier au Mexique. C. R. Ac. Sc. París. 62. 1866. 1ere. semestre, pág. 397.

Montessus de Ballore Fernando.

— Estudio de la distribución horaria diurna y nocturna de los movimientos séismicos y sus relaciones con las culminaciones de la Luna. — Soc. Alzate. 3. 1889–90, págs. 105–121.
— Etude critique des lois de repartitión saosoniere des seismes. Soc. Alzate, 4. 1890—91. págs. 277–292.
— México Séismico.—Soc. Alzate, VI. 1892–93.–49.
— Sur la rose seismique d'un lieu.—C. R. 118. 1894. mars 27, págs. 724–726.
— Cálculo aproximado de la frecuencia de los temblores en la superficie del Globo.—Bol. O. M. C. 1895. págs. 101–102.
— Relations entre le relief et la seismicité.—Bol. O. M. C. 1895, págs. 97–101.
— L'Amerique Centrale et l'Amerique du sud sismiques. — Soc. Alzate. 11. 1897–98, p. 263–277 avec une carte sismique.
— Le Mexique Sismique.—Arch. SC. ph. Nat. Geneve. IX. mars. 1900.
— Les manifestations volcaniques et sismiques dans les Antilles. Rev. Gen. des Sc. París. 13, núms. 14–30 luillet, 1902, p. 669–674.

— Les regions oceaniques instables et les cotes a vagues sismiques.—Arc. Sc. ph. Nat. 4 eper. 15. juin 1903, p. 640–660, pl. 6 Rev. Soc. Alzate, 1903. o, 28–33.
— Les relations sismico-geologiques de la Mediterranee Antillienne.— Soc. Alzate, 19. 1903–1904, p. 351–373. pl. XIII.
— The Mexican Earthquake of november, 12–1902.—Vol. VII. núm. 1–31–33 march 1917. Seismological Society of America. Stanford. University. Cal.

Motl Carlos.

—Movimientos séismicos observados en Orizaba, México, durante el año de 1887.—Soc. Alzate, 1. 1887–88. 3 p. 103–104.
— Enero a agosto de 1892.—Soc. Alzate. 1888.–1894.
— Enero y mayo a diciembre de 1894.—Soc. Alzate, 10. 1896–97. p. 241–251.
— Enero a diciembre de 1895.—Soc. Alzate. 1897–98. p. 41–64.

Muñoz Lumbier Manuel.

—Crítica a una crónica de D. Edmundo González Blanco, sobre el medio de prevenir los terremotos.—Bol. Min., Tom. IV., núm. 6. 1917.
— Sobre algunos desperfectos ocasionados en edificios del pueblo de San Guillermo, del Distrito de Pachuca.—Bol. Min., Tom. V., núm. 1. 1918.
— Apuntes sobre el tromómetro Wiechert–Mintrop, para estudiar los movimientos rápidos del suelo.—Bol. Min., Tom. V., núm. 2. 1918.
— El nuevo tipo de tromómetro de A. Belar.—Bol. Min., Tom. V., núm. 5. 1918.
— La Seismología en México Hasta 1917.—Bol. 36 del Inst. Geol. Imp. de Hacienda. 1918.
— Los temblores de Guatemala.—Folleto de divulgación número 1, del Inst. Geol. 1919.
— Descripción Histórica de la Red Sismológica Nacional.—Bol. Inst. Geol. de México, núm. 18.

Muñoz Manuel Lumbier y Camacho Heriberto.

— Algo acerca de la previsión de los temblores.—Bol. 36. Inst. Geol. pp. 80–81.

Navarro Neumann Manuel.

— El gran terremoto mexicano del 15 de abril de 1907.—Rev. Razón y Fe, 1907.
— Terremotos, Sismógrafos y Edificios.—Madrid. 1916. (Menciona algunos trabajos sobre temblores de México.)

Ordóñez Ezequiel.

— The recent Guadalajara Eearthquakes, may 1912.—Seismological Society of America. II. n. 2. 134. Stanford Universiry. Cal.

Orozco y Berra Juan.

— Efemérides Séismicas Mexicanas.—Soc. Alzate. I. 1867. 203. II. 1888.
— Adiciones y Rectificaciones. id . . . II . . . 261.

Orozco y Berra Juan y Aguilar Santillán Rafael.

— Los temblores de tierra.—Circular que la Comisión de Geodinámica de la Soc. Alzate envía a sus corresponsales.—Rev. Soc. Alzate. 1889.-90. (3) p. 129-136.

Patiño y Ordaz Francisco.

— Localización de las fallas submarinas por Otto Klotz. (Traducción.)—Bol. Obs. Met. n. 3, marzo de 1918.

Payno Manuel.

— Observaciones sobre el temblor de San Gerardo, octubre 3 de 1864.—Soc. Geog. Mex. I. 1869. 26-28.

Partiot Gastón.

— Tremblement de terre survenu au Mexique le 3 mai 1887, a Bavispe, Sonora. —C. R. Ac. Ac. París. CV. 1887. 250.

Perrey A.

—Documents sur les tremblements de terre au Mexique et dans l Amerique Centrale.—An. Soc. Emul. Vosgues. VI. 2. Cahier. 1847. Nancy.

Perrien Charles.

— Earthquake in California in 1893-94.— Bull. U. S. Geol. Survey. Nums. 114-129. 1894-95.

Poey Andrés.

— Catalogue chronologique des tremblements de terre ressentis dans las Indes Occidentales de 1530 a 1858, suiví d'une bibliographie sismique concernat les travaux relatives aux tremblements de terre des Antilles.—Ann. Soc. Meteor. Fr. 5 1858 p. 75-127 y 227-252.

— Ensayo de una Seismología del Valle de México, por el Exmo. señor Conde de la Cortina, comentado por . . . . . Director del Observatorio Físico Meteorológico de la Habana.—Habana, Imp. A. M. Dávila, 1858. 12º. 43 p.

— Rapports entre les tâches solaires, les tremblements de terre, aux Antilles et au Mexique, et les eruptions volcaniques sur tout le Globe.—C. R. 78. 1874. 1ere. semestre, p. 51-55.

Puga Guillermo B.

— El temblor del primero de agosto de 1889. Rev. Soc. Alzate. 1889-93.

— El temblor del día 6 de septiembre de 1889 . . . id. 100.

Puga Guillermo B. y Aguilar y Santillán Rafael.

— El temblor del 2 de diciembre de 1890 . . id. 1890-91 . . 161.

Ramírez Santiago y Reyes V.

—Informe sobre los temblores y volcanes de Aguafría y Jaripeo.—México. Bol. Soc. Geog. Méx. 3ª Epoca, I. 1873. 67. — El Minero Mexicano, IX. n. 11-12.

Río de la Loza Leopoldo.

— Extracto del Expediente antiguo instruído por el Subdelegado de Colima, sobre el terremoto que destruyó parte de aquella ciudad en el año de 1818. —Soc. Geog. Mex. 1ª Epoca. X. 1863. 39.

Robles Pezuela L.

— Los ruidos subterráneos de Guanajuato.—Min. Méx. 2. 1874-75 n. 36.

Rojas de Atizapán Antonio.

— El origen de los temblores de tierra, por . . . . —México, Imp. Religiosa M. Trigueros. 1899. 18º, 12 p.

Romero Carlos.

— Reseña sobre los ruidos subterráneos de Guanajuato. — Min. Mex. 2. 1874-75. n. 35.
— Seismología Geográfica. Ruidos subterráneos.—Min. Mex. 2. 1874-75. n. 36.

Romero José G.

— Noticia de los terremotos que se han sentido en la República Mexicana desde la conquista hasta nuestros días.—Bol. Soc. Geog. Estd. VIII. n. 10. 468.

Rosa Luis de la.

— Terremoto del 7 de abril de 1845.—Rev. Cient. Lit. México. I. 1845. 228.

Sánchez Pedro C. y Rangel Manuel.

— Informe acerca de los temblores de la ciudad de Tehuantepec. México. 1897. —Tip. Sec. Fom. 1898. 18 p. 143-155 y 2 cartas.

Sartorius Charles.

— The earthquake in Eastern Mexico of the sencond of january 1866.—Smith. Rep. 1866. p, 432-434 y 2 figs.

Sieberg August.

— Zerstorendes Beben in Mexiko.—1911 juni.

Sterry Hunt and Duglas James.

— The Sonora Earthquake of may 3 1886.—Trans. Seism. Soc. Japan. XII. 29. 1888. Yokohama.
— Terremoto del Estado de Sonora.—Cron. Cient. 1887. 342. Barcelona.
— Tremblement de terre a Bavispe, Sonora.—Cosmos, XXXIV. 1887. 111. París.

Tessan D.

— Differents especes de treblements de terre a Acapulco. id. Partie Physique. V. 196.

Urbina Fernando y Camacho Heriberto.

— La Zona Megaséismica Acambay-Tixmadeje.—Bol. 32. Inst. Geol. 1913.

Uriarte Ramón.

— Informe sobre los terremotos acaecidos en Centro América.—Bol. Soc. Geog. 3ª Época, 2. 1874-75. p. 189-195. Min. Mex. 2. 1874-75. n. 51.

Vidal Gómez Francisco.

— Algunos datos relativos al terremoto del 9 de mayo de 1877 y a las agitaciones del mar y de los otros fenómenos ocurridos en las costas occidentales de Sud América.—Bol. Min. Fom. 3, núms. 51-56, 63-66 y 67. Oct. y nov. 1878.

Villarello Juan D.

— Reglamento para los encargados de las Estaciones que forman la Red Seismológica Nacional.—Bol. 36. Inst. Geol. p. 44-48.
— Instrucciones para los empleados encargados de las Estaciones que forman la Red Seismológica Nacional.—Bol. 36. Inst. Geol. p. 48-57 y 10 fig.
— Notas para el constructor de Estaciones Seismológicas de la Red Mexicana. —Bol. 36. Inst. Geol. p. 57-58 y 7 fig.

Waitz Paul y Urbina F.

— Los temblores de Guadalajara en 1912. Bol. Inst. Geol. núm. 19. (En prensa.)

Warden.

— Tremblement de terre a Acapulco.—C. R. 6. 1838. 1ere. semestre, p. 180.

DIVERSOS

— Algo sobre temblores.—El Estandarte. San Luis Potosí. Min, Mex. 60. n. 24. 12 junio 1902.
— Temblor de tierra en México.—Correo Mercantil de España. t. 15. 1800.
— Temblores de tierra.—Propagador Industrial, 1876. n. 22.
— Temblores de tierra y de mar.—Min. Mex. 36. n. 15. 12 abril.
— Terremotos, leyes de los. Sus relaciones con los fenómenos cósmicos, meteorológicos, etc.—Min. Mex. 12. núms. 29 y 30. (15 y 22 oct. de 1885.)
— Reseña acerca de la Red Seismológica.—Bol. Obs. Met. agosto, n. 68. 191.

INDICE

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN

úm. 1.—Fauna Fósil de la Sierra de Catorce, por A. del Castillo y J. G. Aguilera.—1895.—56 págs., 21 láms.
úm. 2.—Las Rocas Eruptivas del SO. de la Cuenca de México, por E. Ordóñez.—1895.—46 págs., 1 lám.
úm. 3.—La Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán, por C. Sapper.—1896.—58 págs., 6. láms.
úms. 4, 5 y 6.—Bosquejo Geológico de México.—1897.—272 págs., 5 láms.
úms. 7, 8 y 9.—El Mineral de Pachuca.—1897.—184 págs., 14 láms.
úm. 10.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, por R. Aguilar y Santillán.—1898.—158 págs.
úm. 11.—Catálogos sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por José G. Aguilera.—1898.—158 págs.
úm. 12.—El Real del Monte, por E. Ordóñez y M. Rangel.—1899.—108 págs., 26 láms.
úm. 13.—Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México, por Emilio Böse.—1899 —54 págs., 3 láms.
úm. 14.—Las Rhyolitas de México. (Primera parte), por E. Ordóñez.—1900.—78 págs., 6 láms
úm. 15.—Las Rhyolitas de México. (Segunda parte), por E. Ordóñez.—1901.—78 págs., 6 láms.
úm. 16.—Los criaderos de fierro del Cerro del Mercado en Durango, por M. Rangel, y de la Hacienda de Vaquerías, Estado de Hidalgo, por J. de Villarello y E. Böse.—1902.—144 págs., 5 láms.
úm. 17.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, completada hasta 1904, por R. Aguilar y Santillán.—1904.—XIII. 330 págs.
n. 18.—Descripción Histórica de la Red Seismológica, por M. Muñoz Lumbier.—68 págs., 11 láms. y 18 figs.—1919.
n. 19.—Los temblores de Guadalajara en 1912, por Paul Waitz y Fernando Urbina. (En prensa.)
n. 20.—Reseña acerca de la Geología de Chiapas y Tabasco, por el Dr. E. Böse.—1905.—116 págs., 9 láms.
n. 21.—La Faune Marine du Trias Supérieur de Zacatecas, par le Dr. C. Burckhardt avec la collaboration du Dr. S. Scalia.—1905.—44 págs., 8 láms.
n. 22.—Sobre algunas faunas terciarias de México, por el Dr. E. Böse.—1906.—96 págs., 12 láms.
n. 23.—La Faune jurassique de Mazapil, Zac., par le Dr. C. Burckhardt.—1906.—216 págs., 43 pls.
n. 24.—La fauna de moluscos del Senoniano de Cárdenas, S. L. P., por el Dr. E Böse.—1906.—95 págs., 18 láms.
n. 25.—Monografía Geológica y Paleontológica del Cerro de Muleros, cerca de Ciudad Juárez, Estado de Chihuahua, y descripción de la Fauna Cretácica de la Encantada, cerca del Placer de Guadalupe, Estado de Chihuahua, por el Dr. E. Böse.—1910.—196 págs., 50 láms.
úm. 26.—Algunas regiones petrolíferas de México, por el Ing. J. D. Villarello.—1908.—122 págs., 22 láms.
n. 27.—La Granodiorita de Concepción del Oro en el Estado de Zacatecas y sus formaciones de contacto, por el Dr. Alfred Bergeat.—1910.—109 págs., 9 láms. y 15 figs.
n. 28.—Las aguas subterráneas en el borde meridional de la Cuenca de México, por el Ing. J. D. Villarello.—12 láminas y un croquis geológico (1:100,000).—Informe sobre las aguas del río de la Magdalena, por el Prof. J. S. Agraz. 1911.—89 págs.
n. 29.—Faunes jurassiques et crétaciques de San Pedro del Gallo, Durango, par le Dr. C. Burckhardt.—1912.—264 páginas. 46 pls
n. 30.—Sobre algunas faunas del Cretácico superior de Coahuila y regiones limítrofes, por el Dr. E. Böse.—56 págs., 8 láminas.—1913.
n. 31.—La Flora Liásica de la Mixteca Alta, por G. R. Wieland.—162 págs.—50 láms.—1914.
n. 32.—La zona megaséismica Acambay-Tixmadejé, Estado de México, estudiada por F. Urbina y H. Camacho.—125 páginas, 75 láms.—1913.
n. 33.—Faunas jurásicas de Symon y Faunas cretácicas de Zumpango del Río, por el Dr. C. Burckhardt. (En prensa.)
úm. 34.—Descripción de unas plantas Liásicas de Huayacocotla, Veracruz.—Algunas plantas de la Flora Liásica de Huauchinango, Puebla, por Enrique Díaz Lozano.—1916.—18 págs., 9 láms.
úm. 35.—El Petróleo en la República Mexicana, por el Ing. de Minas, M. Bustamante.—1918.—216 págs., 37 láms., 2 cartas y 2 perfiles (1ª parte).
n 36.—La Seismología en México, por Manuel Muñoz Lumbier.—1918.—102 págs. y 32 láms.

PARERGONES

omo I. Núm. 1.—Los Temblores de Zanatepec, Oax.—Estado actual del Volcán de Tacaná, Chiapas, por Emilio Böse.—1903. 25 págs., 4 láms.
úm. 2.—Fisiografía, Geología e Hidrología de los alrededores de La Paz, Baja California, por E. Angermann.—El área cubierta por la ceniza del Volcán de Santa María, octubre de 1902, por Emilio Böse.—1904.—26 págs., 3 láms.
úm. 3.—El Mineral de Angangueo, Michoacán, por E. Ordóñez.—Análisis de una muestra de granate del Mineral de Pihuamo, Jalisco, por J. D. Villarello.—Apuntes sobre el Peleozoico en Sonora, por E. Angermann.—1904.—34 págs., 2 láms.
úm. 4.—Estudio de la teoría química propuesta por el Sr. Andrés Almaraz, para explicar la formación del Petróleo de Aragón, México, D. F., por J. D. Villarello.—El fierro meteórico de Bacubirito, Sinaloa, por E. Angermann.—Las aguas subterráneas de Amozoc, Puebla, por E. Ordóñez.—1904.—24 págs., 1 lám.
úm. 5.—Informe sobre el temblor del 16 de enero de 1902 en el Estado de Guerrero, por los Dres. E. Böse y E. Angermann. Estudio de una muestra de mineral asbestiforme procedente del Rancho del Ahuacatillo, Distrito de Zinapécuaro, Estado de Michoacán, por el Ing. J. D. Villarello.—1904.—26 págs.
úm. 6.—Estudio de la Hidrología subterránea de la región de Cadereyta Méndez, Estado de Querétaro, por el Ing. J. D. Villarello.—1904.—58 págs., 2 láms.
n. 7.—Estudio de una muestra de Grafita de Ejutla, Estado de Oaxaca, por el Ing. J. de Villarello.—Análisis de las cenizas del Volcán de Santa María, Guatemala, por el Ing. E. Ordóñez.—1904. 26 págs.
úm. 8.—Hidrología Subterránea de los alrededores de Querétaro, por el Ing. J. D. Villarello.—1905.—55 págs., 8 láms. y 2 figuras.
n. 9.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el Ingeniero E Ordóñez. (Primera parte).—1905.—54 págs, 1 plano y 4 láminas.
n. 10.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el Ing. E. Ordóñez. (Segunda parte). 1905.—45 págs., 3 planos y 8 láms.
omo II. Núm. 1.—Explicación del Plano Geológico de la Región de San Pedro del Gallo, Estado de Durango, por el Dr. Phil. Ernesto Angermann.—Sobre la Geología de la Bufa, Mapimí, Estado de Durango, por Ernesto Angermann, Dr. Phil.—Notas Geológicas sobre el Cretáceo en el Estado de Colima, por el Dr. E. Angermann.—1907. 35 págs., 3 láms.
úm. 2.—Sobre algunos fósiles Pleistocénicos recogidos por el Dr. E. Angermann, en la Baja California, por el Dr. E. Böse.—Sobre la aplicación de la Potasa cáustica a la preparación de fósiles, por Emilio Böse y Victor von Vigier.—Sobre las rocas fosforíticas de las Sierras de Mazapil y Concepción del Oro, Zacatecas, por el Dr. Carlos Burckhardt.—1907.—31 págs., 1 lám.
úm. 3.—El Volcán Jorullo, por el Ing. de Minas Andrés Villafaña.—1907.—58 págs., 8 láms.
úms. 4, 5 y 6.—El temblor del 14 de abril de 1907, por el Dr. Emilio Böse e Ingenieros A. Villafaña y J. García y García.—1908.—124 págs., 43 láms. y 1 cuad.
úm. 7.—El Valle de Cerritos, Estado de San Luis Potosí, por el Ingeniero Ezequiel Ordóñez, págs. 263-273.—Fuente termal en Cuitzeo de Abasolo, Estado de Guanajuato, por el Ing. Andrés Villafaña, págs. 277-287, láms. LVI-LVII.
úm. 8.—Estudio Hidrológico de la región de Río Verde y Arroyo Seco, en los Estados de San Luis Potosí y Querétaro, por el Ing. Trinidad Paredes, págs. 289-337. láms. LVIII.—1909.

Núm. 9.—Hidrología subterránea de los alrededores de Pátzcuaro, Estado de Michoacán, por el Ing. J. D. Villarello, págs. 339–362.—El hundimiento del Cerro de Sartenejas, en los alrededores de Tetecala, Estado de Morelos, por el Ingeniero T. Flores, págs. 363–384, láms. LIX a LXII.—1909.

* Núm. 10.—Catálago de los temblores (macroseismos) sentidos en la República Mexicana, durante los años de 1904 a 1908, págs. 389–467.—1909.

* Tomo III. Núm. 1.—El Pozo de Petróleo de Dos Bocas, por el Ing. J. D. Villarello, págs. 5–112, láms. I–XXXVII.—1909.

Núm. 2.—Estudio Geológico de los alrededores de una parte del Río Nazas, en relación con el proyecto de una Presa en el Cañón de Fernández, por el Dr. C. Burckhardt e Ing. J. D. Villarello, págs. 117–135, láms. XXVII–XXXVI.—1909.

Núm. 3.—Estudio Hidrológico del Valle de Ixmiquílpan, Estado de Hidalgo, por el Ing. Trinidad Paredes, págs. 141–172, láminas XXXVII–XLIV.—Catálogo de los temblores (macro y microseismos) sentidos en la República Méxicana, durante el primer semestre de 1909, págs. 173–199.—1909.

Núm. 4.—Hidrología subterránea de la Comarca Lagunera del Tlahualilo, por el Ing. J. D. Villarello, págs. 201–251, láminas XLV–XLVIII.—1910.

Núm. 5.—Nuevos datos de la Estratigrafía del Cretácico en México, por el Dr. E. Böse, págs. 257–280.—Nuevos datos sobre el Jurásico y el Cretácico en México, por el Dr. C. Burckhardt, págs. 281–301.—1910.

Núm. 6.—Estudio Geológico de la región de San Pedro del Gallo, Durango, por el Dr. C. Burckhardt, págs. 307–357, láms. XLIX–LI. (Plano Geológico, 1:25,000) y 9 figs.—Plesiosaurus (Polyptychodon?) Mexicanus Wieland, por el Dr. G. R. Wieland, págs. 359–365, láms. LII.—1910.

Núm. 7.—Informe acerca de una excursión geológica preliminar efectuada en el Estado de Yucatán, por Jorge Engerrand y Fernando Urbina, con la colaboración del Ing. J. Baz y Dresch, págs. 369–424, láms. LIII–LXXIV.—Estudio químico y óptico de una labradorita del Pinacate, Sonora, por el Ing. Y. S. Bonillas, págs. 425–432, lám. LXXV. 1910.

Núm. 8.—Catálogo de los temblores (macroseismos) sentidos en la República Mexicana y microseismos registrados en la Estación Seismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el segundo semestre de 1909, págs. 435–496.—1911.

Núm. 9.—Reconocimiento de algunos criaderos de fierro del Estado de Oaxaca, por Y. S. Bonillas, págs. 499–524, láms. LXXVI–LXXIX.—1911

Núm. 10.—Catálogo de los temblores (macroseismos) sentidos en la República Méxicana y microseismos registrados en la Estación Seismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el año de 1910, págs. 257–571.—Microseismos registrados en las Estaciones Seismológicas de Mazatlán y Oaxaca, de agosto a diciembre de 1910, págs. 273–587.—Indices del tomo.—1911.

Tomo IV. Núm 1.—Notas preliminares relativas a un reconocimiento geológico por el curso del Atoyac (Río Verde), Oaxaca, por P. Waitz, págs. 8–32.—Catálogo de los microseismos registrados en la Estación Seismológica Central, durante el año de 1911, págs. 43–85.—1912.

Núm. 2–10.—Memoria de la Comisión que exploró la región Norte del Territorio de la Baja California, págs. 89–533, 112 láminas.—1913.

Tomo V. Núms. 1–3.—Catalogo de los movimientos registrados en las Estaciones Seismológicas de Mérida, Mazatlán, Oaxaca y de los macroseismos sentidos en la República Mexicana, durante el año de 1911, 76 págs.—1913.

Núm. 4.—Análisis hechos en el Laboratorio de Química del Instituto Geológico. Núms. 1–279.—109 págs.—1913.

Núm. 5.—Apuntes acerca de la Hidrología Subterránea del Estado de Coahuila, por el Ing. J. D. Villarello.—Informe relativo al agua solicitada por los vecinos de Pueblito, Querétaro.—Informe sobre el pozo de Yurécuaro, Michoacán, por el Ing. T. Paredes.—34 págs.—1913.

Núms. 6–7–8.—Catálogo de los seismos registrados en la Estación Seismológica Central y en las de Mérida, Zacatecas, Oaxaca y Mazatlán, y de macroseismos sentidos en la República Mexicana, durante el año de 1912.—125 págs.—1914.

Núm. 9.—Rocas Mexicanas, clasificadas al microscopio en el Instituto Geológico, págs. 353–426.—1914.

* Núm. 10.—Las Aguas subterráneas en los Municipios de Acatlán y Jaltepec, Distrito de Tulancingo, Estado de Hidalgo, por el Ing. Vicente Gálvez, págs. 429–475, 15 láminas —Los recursos de aguas del Valle de Tecalitlán, Estado de Jalisco, por el ingeniero Trinidad Paredes, págs. 477–501.—1916.

ANALES

Núm. 1.—Diatomeas fósiles mexicanas, por Enrique Díaz Lozano.—27 págs. 2 láms.,—1917.

Núm. 2.—Las Salinas de México y la industria de la sal común, por José C. Zárate, 1 lám., 71 págs. y 1 carta.—1917.

Núm. 3.—Las aguas subterráneas al E. de la Bahía Magdalena, Baja California.—Hidrología subterránea de los alrededores del pueblo de Tequisquiapan y Hacienda de la Labor, Distrito de Temascaltepec, Estado de México.—Estudio sobre la probabilidad de encontrar aguas subterráneas en el Potrero de la Ciénega, D. F., por el Ingeniero de Minas Vicente Gálvez.—58 págs., 12 láms —1918.

* Núm. 4.—Análisis de un petróleo crudo del campo del Alamo, por Salvador S. Morales.—Análisis de una Nafta, por A. M. de Ibarrola.—Nota sobre un Corundo de una nueva localidad de México, por Carlos Castro.—Captación de aguas potables en el Mineral de Jacala, por Heriberto Camacho.—47 págs., 3 láms. y un plano.—1917.

Núm. 5.—El Tequesquite del Lago de Texcoco, por el Ing. de Minas Teodoro Flores.—61 págs., 15 láms. y un plano.—1918.

Núm. 6.—Apuntes sobre el Mineral de Puerto de Nieto, Gto., por el Ing. de Minas, Vicente Gálvez.—9 págs. con un croquis.—Breves consideraciones para el estudio de las arcillas que tienen aplicación entre los materiales de construcción, por el Arquitecto Benjamín Orvañanos. 5 págs.

Núm. 7.—Algunos datos sobre las islas mexicanas para contribuir al estudio de sus recursos naturales, por Manuel Muñoz Lumbier, 54 págs. y 9 láms.

Núm. 8.—Las Aguas subterráneas en Tlanalapan, Dto. de Apam, E. de Hgo., por el Ing. H. Camacho. (En prensa.)

FOLLETOS DE DIVULGACION

* Núm. 1—Los temblores de Guatemala, por M. Muñoz Lumbier.
* Núm. 2.—Procedimiento para el cuanteo volumétrico del Manganeso, por el Prof. C. Castro.
* Núm. 3.—Informe que rinde el Jefe de la Sección de Química, acerca de unos minerales de Manganeso, que remitió el Departamento de Minas para que se viera si tenían substancias radio-activas.

*** Agotado.—Out of print.—Epuisé.—Vergriffen.**

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ing. L. Salazar Salinas

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 19

LOS TEMBLORES DE GUADALAJARA EN 1912

POR

PAUL WAITZ Y FERNANDO URBINA



PODER EJECUTIVO FEDERAL
DEPARTAMENTO DE APROVISIONAMIENTOS GENERALES.—DIRECCION DE TALLERES GRAFICOS
1A. CALLE DE FILOMENO MATA NUM. 8
MEXICO
—
1919

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 19

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ing. L. Salazar Salinas

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 19

LOS TEMBLORES DE GUADALAJARA EN 1912

POR

PAUL WAITZ Y FERNANDO URBINA



PODER EJECUTIVO FEDERAL

DEPARTAMENTO DE APROVISIONAMIENTOS GENERALES.—DIRECCION DE TALLERES GRAFICOS

1A. CALLE DE FILOMENO MATA NUM. 8

MEXICO

—

1919

ADVERTENCIA

Al presente estudio dispuso la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo se le diera el número 19 del Boletín del Instituto Geológico con objeto de cubrir un hueco en las publicaciones, pues los Boletines 18 y 19 aún no han visto la luz pública. Por esta razón la fecha en que se hizo el estudio de los temblores de Guadalajara, 1912, discrepa con la que le correspondería más o menos a su número de orden. Además, este trabajo se envía a la imprenta después de 6 años de haber sido concluído.

Estas interrupciones, cualquiera que sea su causa, son perjudiciales, porque pasan de oportunidad los estudios y decrece su interés práctico, pero cabe aquí la disculpa de haber sufrido en estos últimos años serios trastornos políticos nuestro país.

Los temblores de Guadalajara iniciados en mayo de 1912 causaron gran inquietud en aquella población y se puede asegurar que en estos tiempos han sido los más importantes después de los de Acambay, que empezaron a sentirse en noviembre del mismo año de 1912.

Las noticias alarmantes que se recibieron y el interés que se ha tenido en conocer esta clase de fenómenos geológicos, hicieron que el Director del Instituto Geológico, señor don José G. Aguilera, nombrara una Comisión compuesta de los señores Paul Waitz, Fernando Urbina, Manuel Muñoz Lumbier, Rafael Tello y el fotógrafo Francisco Carbajal, para que hicieran un estudio de dichos fenómenos y se instalara la Estación Sismológica. En el proyecto de la Red Sismológica Nacional figuraba la instalación de una Estación en la ciudad de Guadalajara, y dicha instalación se aceleró para coadyuvar al estudio de esta serie de temblores, habiendo quedado funcionando los instrumentos, de manera provisional en una pieza de la Administración del Parque de San Rafael, en tanto que se construía la estación definitiva, ubicada en el mismo Parque.

La Comisión enviada a Guadalajara tiene una gran satisfacción en que su estudio se publique, porque todas sus observaciones las ha hecho en el campo, recorriendo grandes porciones de la región conmovida y tomando datos donde quiera que lo juzgaba importante, sin reparar en las dificultades y sacrificios que para ello hubiera. De esta manera se ha conocido la geología de

esa comarca, pues aun cuando ya en 1875 una Comisión científica había estudiado parte de la localidad con motivo de los temblores de esa época, el informe que rindió no satisface las necesidades modernas que requieren un mayor conocimiento del área conmovida para averiguar desde luego cuál fué la porción superficial (región epicentral) que experimentó la primera llegada de las ondas para determinar dónde tuvo su origen el movimiento, o sea la determinación del foco.

Los estudios geológicos en nuestro país no han podido llevarse a cabo de manera sistemática para formar el plano detallado de la República, objeto principal del Instituto Geológico, por el sinnúmero de atenciones que tiene este establecimiento. De aquí ha resultado la necesidad de combinar estos estudios con los del momento, que no puede dejar pasar desapercibidos, fenómenos tales como las erupciones volcánicas, los temblores, etc., a la vez que tiene que ocuparse de la geología pura, que sirve de base a trabajos de investigación con fines utilitarios, como son: comisiones exploradoras en busca de recursos naturales, consultas técnicas para resoluciones administrativas por lo que se refiere a minas, busca de aguas, etc., amén de otros muchos trabajos que son de carácter internacional y entre los cuales se encuentran los de seismología.

En estas condiciones el Instituto Geológico, para cumplir su alta misión, procura recoger el mayor número de observaciones geológicas cada vez que se ve obligado a estudiar una determinada región. Así en el caso del estudio de los temblores de Guadalajara, la Comisión tuvo cuidado, hasta donde las circunstancias se lo permitieron, de cumplir con los fines propuestos, ya desde el punto de vista de la geología pura, ya del de la geología aplicada, a la vez que cumplir con sus compromisos internacionales en lo que se refiere a la seismología, que como bien se sabe, es una de las ciencias más modernas, cuyos métodos de investigación requieren estudios previos que no pueden hacerse en el mismo momento en el cual ocurre el fenómeno y cuyos caracteres son a veces catastróficos.

Queda pues indicado, además de iniciar los trabajos fundamentales para poder resolver el problema mecánico como el geológico, estudiar las regiones conmovidas con más frecuencia o donde se inicia un foco activo o vuelve a entrar en actividad uno antiguo. Este estudio consiste: primero, en una descripción cuidadosa de los efectos del temblor, tanto en el terreno como en los edificios de los lugares poblados; segundo, en un estudio geológico de la región conmovida, para poder conocer su formación, estructura e historia; tercero, la instalación de una Estación Sismológica cercana al lugar, aun cuando sea de manera provisional; cuarto, llegar a conclusiones que puedan ser útiles, tanto para que las tengan en cuenta al construir, cuanto para fijar el origen probable de los movimientos sísmicos; quinto, estar preparado para las observaciones de los nuevos movimientos que puedan sobrevenir teniendo mejores bases para su interpretación, para lo cual se publican todas las obser-

vaciones que puedan ilustrar acerca de los movimientos séismicos, clasificadas de tal manera que se aprovechen, ya sea referentes a los efectos del temblor sobre el terreno, ya sobre los edificios, al mismo tiempo que una descripción bien detallada de la zona conmovida. Por último, algunos consejos relativos a las construcciones, para mayor seguridad de los habitantes.

Dado el estado de desarrollo alcanzado por la seismología, urge estudiar cuidadosamente todos estos fenómenos; pues precisamente porque aun no se ha llegado al conocimiento completo de ellos, por esta misma razón es por lo que se estudian con tanto detenimiento. Seguramente si no fuera por las grandes catástrofes que han ocasionado, nada se habría hecho para llegar a su conocimiento, y es precisamente por este motivo por lo que la gente encuentra justificado el contribuir al desarrollo de la ciencia sismológica en alguna forma.

El estudio constante de las regiones séismicas es el único medio como puede desarrollarse la seismología y más en nuestro país, que puede decirse, apenas comienza a conocerse en algunas de sus partes. A primera vista el estudio aislado de una región, toma muchas veces carácter enteramente descriptivo sin que sea posible llegar a importantes conclusiones; pero si asociamos los resultados de este estudio a las conclusiones de alguna otra región que se encuentre en las mismas condiciones, fácilmente podemos apreciar el adelanto obtenido, por pequeño que sea aparentemente. Así el estudio de los temblores de Guadalajara, asociado a las observaciones y conclusiones sobre el temblor de Acambay, nos permite afirmar fundadamente, que estos temblores, como los de Guadalajara, designados como "enjambres de temblores" y agrupados separadamente de los temblores de origen volcánico y los de origen tectónico, no tiene razón de ser; pues estos temblores pertenecen igualmente a los de origen tectónico, como a los de origen volcánico.

Con los estudios y observaciones de los temblores ocurridos en la región de Acambay-Tixmadeje podemos atribuir a los de Guadalajara un carácter tectónico.

Otra de las conclusiones más interesantes deducida de lo anterior, es la siguiente: que los temblores de origen tectónico se verifican igualmente en regiones enteramente cubiertas por focos volcánicos. Esta conclusión viene a desvanecer el criterio que se tenía anteriormente de que en las regiones volcánicas los temblores eran producidos por esos focos, desechando toda intervención tectónica. En estas regiones, Acambay y Guadalajara, la actividad sísmica fué enteramente independiente de la actividad volcánica, pues no se encontró la menor huella de esta última, no obstante que son regiones cubiertas enteramente por aparatos eruptivos, algunos de los cuales se han formado en épocas modernas. En cambio las indicaciones de la actividad tectónica se revelaban aun a través de las eyaculaciones de rocas eruptivas y de las mismas rocas sedimentarias volcánicas.

Hemos dicho antes que la seismología es una ciencia moderna y por

eso creemos que cualquier dato debe aprovecharse, sea que venga a sostener una teoría nueva o a desechar una añeja, en todo caso servirá para fundamentar alguna conclusión provechosa.

Por fortuna disponemos actualmente, además de las observaciones fisiológicas y de los efectos físicos ocasionados por un temblor, de aparatos de gran sensibilidad que registran automáticamente los más pequeños movimientos, suministrándonos datos más precisos para poder determinar la dirección e intensidad de dicho movimiento al mismo tiempo que la hora exacta, lo cual nos permite conocer la velocidad de propagación de las ondas, para la resolución del problema mecánico. La resolución del problema geológico se encuentra en el estudio del terreno, permitiéndonos apreciar qué parte del suelo se conmovió y la clase de terreno que atravesaron las ondas. Este estudio es de gran importancia, sobre todo para la determinación de las fórmulas.

En consecuencia, la contribución que ofrece el estudio de los temblores en el terreno conmovido es considerable, tanto por el contingente de datos que se recojen para la geología y geografía en general que reunidas nos vienen a aclarar el estudio físico del problema, cuanto para el conocimiento del país. Desde el punto de vista práctico, hay que reconocer una vez más, la necesidad de que en México, país sísmico por excelencia, se tengan en cuenta los desalojamientos horizontales del terreno para toda clase de construcciones, especialmente las destinadas a servir de morada al hombre por el número de desgracias que ocasionan. Ese descuido es el principal motivo de pánico, al venirse abajo los techos y las paredes.

México, abril de 1919.

Fernando Urbina. *Manuel Muñoz Lumbier.*

INTRODUCCION

Jalisco es uno de los Estados de la República Mexicana en el que se sienten con más frecuencia temblores de mayor o menor intensidad.

Esta frecuencia relativa es causada, por una parte, por la circunstancia de que el mencionado Estado participa, por su posición geográfica, de todos los temblores que provienen de movimientos tectónicos de los conocidos focos muy activos de los Estados de Guerrero y de Oaxaca; y se puede decir que estos sacudimientos de origen vecino se sienten sobre todo en la región meridional del Estado, con una intensidad bastante grande.

Por otra parte, existen en la zona limítrofe del Estado, volcanes (el de Colima y el Ceboruco) que durante períodos de actividad han causado, varias veces, fuertes movimientos sísmicos alrededor de ellos.

Finalmente, en la parte central de Jalisco, se han sentido en diferentes épocas, grupos de temblores que, aunque se han limitado a una área relativamente reducida, han causado, algunas veces, verdaderas catástrofes (1875, San Cristóbal); otras por fortuna, han producido solamente una alarma general en los habitantes, que ha durado semanas y meses. Estos grupos de temblores tienen mayor importancia porque afectan precisamente la parte más poblada del Estado; pues el área macrosísmica abarca la capital y sus alrededores, más o menos inmediatos. Además, son de especial interés por la frecuencia con que se han presentado y por la circunstancia de que si aun no se ha podido determinar una periodicidad, sí se han repetido varias veces, en diferentes épocas en la misma forma, cambiando solamente el lugar donde la intensidad del fenómeno ha sido mayor.

La primera clase de temblores, de las tres que acabamos de mencionar hay que designarla con el nombre de "temblores tectónicos vecinos" y se caracterizan éstos por la gran zona que abarcan y por la forma que toma el movimiento, pues debido a la distancia a que se hallan los epifocos de Guerrero y Oaxaca las ondas séismicas llegan a Jalisco en forma de ondas oscilatorias y de larga duración. Como ejemplo los "temblores tectónicos" de los últimos años del carácter de "vecinos," para el Estado de Jalisco, citaremos el temblor del 14 de abril del año de 1907, cuyo foco se determinó, (1) en San Marcos, Guerrero, y los del 30 y 31 de julio de 1909 con el epicentro cerca de Acapulco, del mismo Estado. (2).

---

(1) El temblor del 14 de abril de 1907, por el Dr. Emilio Böse e ingeniero A. Villafaña y J. García y García. Parergones del Instituto Geológico de México. Tomo II. Núms. 4, 5 y 6. México, 1908.

(2) El estudio de estos temblores fué hecho por el señor Ing. Teodoro Flores y el Dr. Paul Waitz, cuyo estudio no se ha publicado.

Respecto al temblor del 7 de junio de 1911 que causó considerables estragos en Zapotlán, Tecalitlán y Tuxpan, por un lado y en la capital de la República, por otro, los estudios todavía no están concluídos y se dificultará la determinación del o de los focos por falta de una Red Seismológica más extensa. (1)

A la segunda clase pertenecen los temblores que llamaremos "temblores volcánicos" y éstos se distinguen por la reducida extensión que abarcan, y por la circunstancia de que el área conmovida tiene por centro un aparato volcánico y los sacudimientos son acompañados por erupciones. Un temblor de esta índole se efectuó el día 8 de julio de 1882 y fué sentido con bastante fuerza en las ciudades de Colima y Zapotlán; sin que haya noticia de que en Guadalajara se dieran cuenta de dicho sismo.

La tercera clase de temblores, se restringe al 1er. Cantón del Estado de Jalisco y éstos se asemejan a los temblores volcánicos por la poca extensión del área conmovida, pero se distinguen de ellos por el hecho de que en esta área macrosísmica, que abarcan, no hay ningún foco volcánico activo al cual se pudieran atribuir. Podrán los temblores de esta clase aproximarse a los temblores tectónicos de la primera; mas estamos acostumbrados a llamar tectónicos a aquellos que tienen una área macrosísmica más extensa y que son registrados por los aparatos a distancias considerables. Además, presentan un carácter especial estos temblores de la tercera clase, que les distingue de los terremotos tectónicos propiamente dichos; pues mientras que los temblores tectónicos por lo regular, el fenómeno principia por un temblor fuerte, al que sigue una serie de temblores que han sido designados con el nombre de réplicas (after-shocks, Nachbeben), se nota en los de nuestra tercera clase cierto arreglo que les hace que sean muy parecidos a los grupos de temblores más o menos locales que los franceses nombran "essaim" y los alemanes "Schwarmbeben." Les damos a esta última clase de temblores el nombre de "enjambres de temblores domésticos." Los sacudimientos que producen estos temblores se sienten como trepidatorios lo mismo como se sienten en el epicentro los producidos por explosiones volcánicas y por los temblores tectónicos.

Un enjambre de estos temblores domésticos tuvo lugar en los meses de mayo a septiembre del año de 1912 en la capital del Estado y sus alrededores, y los datos referentes a estos fenómenos sísmicos, junto con las observaciones geológicas que hemos reunido durante nuestra estancia en esa región, son objeto de las siguientes páginas.

---

(1) Además de estos temblores tectónicos vecinos de Guerrero y Oaxaca, se registran en Jalisco también otros movimientos sísmicos que emanan, según lo que sabemos hasta ahora, de un foco cerca de Autlán, que es bastante activo, aunque los sismos que produce no hayan tenido hasta ahora una intensidad alarmante.

I

DESCRIPCION Y REGISTRO DE LOS MOVIMIENTOS MACROSISMICOS

DEL PRIMER PERIODO

El día 8 de mayo del año de 1912 los habitantes de la capital del Estado de Jalisco y de las poblaciones de sus alrededores se alarmaron grandemente, a las 6 h. 36 m. de la mañana, por un temblor trepidatorio de gran intensidad, pero de corta duración; el fenómeno se repitió en menor grado, varias veces durante el día hasta que a las 5.50 p. m. se efectuó un nuevo movimiento trepidatorio intenso, al cual siguió casi inmediatamente otro semejante, repitiéndose la trepidación con bastante fuerza a las 1 h. 52 m. de la noche.

Si el fenómeno hubiera terminado con la última sacudida de este día, la alarma no hubiera adquirido las proporciones que tomó entre los habitantes, cuando al día siguiente y los subsecuentes, la región fué agitada, en medio de grandes y pequeños períodos irregulares de reposo, por repetidos movimientos que, por lo regular, no tuvieron la intensidad del mayor grado acontecido el día 8; pero que han continuado en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre.

Como la impresión que causan los temblores es individual, las descripciones que proporcionan las personas que los sienten, presentan, por lo general, bastante diferencia respecto al carácter del movimiento; sin embargo las que pudimos recoger referentes a todos estos temblores observados en Guadalajara, dejan ver claramente que todas las sacudidas han sido trepidatorias.

Nosotros pudimos darnos cuenta del carácter del fenómeno solamente en los movimientos que tuvieron lugar el 18 y el 25 de mayo que fueron los más importantes de todos los que se efectuaron durante nuestra estancia en la región sísmica. El día 18 a las 11 h. 44 m. sentimos un temblor trepidatorio en los momentos en que estábamos en el segundo piso de una casa de la 2.ª Avenida Corona. Un ruido sordo que pareció venir del NW. llamó nuestra atención y en esos momentos notamos dos ligeras trepidaciones que pasaron rápidamente bajo nuestros pies, mientras que el ruido se perdió en dirección hacia el SE. Todo el fenómeno duró apenas dos o tres segundos y fué sentido muy leve, causando poca alarma porque la mayoría de gente, estando a esta hora en movimiento, no se dió cuenta de él y pocas personas lo notaron.

El temblor del día 25 a las 10 h. 15 m. p. m., fué, según la opinión de la mayoría de las personas con quienes hablamos, quizá el más fuerte de todos los movimientos sentidos durante esta temporada. No percibimos esta vez

ruido alguno que haya iniciado el fenómeno, sino sentimos solamente tres sacudidas seguidas, sin que podamos precisar si fueron de abajo para arriba o de arriba para abajo que hicieron estremecerse la casa, crujir el techo, cimbrar las puertas y vibrar los objetos sobre las mesas, como botellas y vasos.

El movimiento obligó a muchas personas a salir precipitadamente de la casa y la alarma era bastante grande. Los objetos colgantes que pendían del techo, lámparas eléctricas, ventiladores, etc., vibraron sin oscilación aparente. Nosotros tampoco percibimos empuje lateral u horizontal; lo que indica que el período de estas ondas era sumamente breve. Como el movimiento fue tan corto y tan rápido, no podemos precisar su duración, a la que le atribuímos un máximum de 3 ó 4 segundos, cuando mucho. Diecisiete minutos más tarde, a las 10 h. 32 m., al pasar por la plaza principal de la capital, oímos un ruido como si se hubiera echado a andar un automóvil al otro lado de la plaza y pudimos convencernos que era el ruido de un temblor que no sentimos por ir andando; mientras que muchas personas, debido al estado de reposo en que se encontraban, dieron muestras de gran alarma. Durante esta misma noche, y otras anteriores y posteriores, oímos ruidos especiales que bien hubieran podido ser producidos por coches, automóviles y tranvías, al pasar por las calles asfaltadas, retiradas de nuestra habitación, como por el mismo fenómeno sísmico.

Como en ese tiempo todavía no existía la estación seismológica de San Rafael, no se pudo averiguar si estos ruidos iban acompañados de microsismos.

Los demás temblores que se han sentido en esa región, es decir, los microsismos, parecen haber sido en su totalidad del mismo carácter trepidatorio, y en vista de la falta de datos acerca de su duración, damos solamente la siguiente lista que hemos formado, valiéndonos de los que nos proporcionó el señor Benjamín del Río, empleado del Observatorio Meteorológico de Guadalajara, añadiendo a estos datos los que nosotros tomamos. Esta lista da solamente los temblores que se han sentido en Guadalajara y en sus alrededores inmediatos, durante el primer período del enjambre de temblores de 1912.

Temblores trepidatorios.—Mayo de 1912

Día 8:	8.36 a. m.	Fuerte, con ruido (corta duarción).
	12.25 p. m.	Ligero.
	2.44 p. m.	Ligero.
	5.21 p. m.	Ligero.
	5.50 p. m.	Trepidatorio, oscilatorio y trepidatorio, con ruido.
	6.36 p. m.	Algo fuerte.
	11.52 p. m.	Fuerte, con ruido subterráneo.
Día 9:	12.40 p. m.	Algo fuerte.
	5.36 a. m.	Fuerte.
	6.04 a. m.	Algo fuerte.
	9.40 a. m.	Ligero.
	10.01 a. m.	Ligero. Repitió pocos segundos después.
	10.25 a. m.	Ligero.
	10.55 a. m.	Ligero.

2.22 p. m. Ligero.
3.40 p. m. Ligero.
5.30 p. m. Fuerte, con ruido. Repitió un minuto más tarde ligeramente oscilatorio N. a S.
5.45 p. m. Ligero.
6.44 p. m. Ligero.
7.10 p. m. Ligero.
10.55 p. m. Ligero.
11.00 p. m. Algo fuerte.
5.28 a. m. Ligero.
Día 10: 12.10 a. m. Algo fuerte.
9.21 a. m. Ligero.
10.27 a. m. Ligero.
2.20 p. m. Algo fuerte.
3.23 p. m. Ligero.
4.44 p. m. Ligero.
10.03 p. m. Fuerte, con ruido.
11.08 p. m. Ligero.
Día 13: 1.17 a. m. Fuerte.
2.01 a. m. Ligero.
2.42 a. m. Ligero.
6.36 a. m. Algo fuerte, ligeramente oscilatorio de NNW. a SSE.
8.00 a. m. Muy ligero.
4.28 p. m. Algo fuerte.
8.50 p. m. Ligero.
Día 14: 1.50 a. m. Fuerte.
2.15 a. m. Ligero.
Día 15: 1.35 a. m. Algo fuerte.
Día 18: 11.47 a. m. Casi ligero con ruido suave.
2.50 p. m. Ligero.
7.20 p. m. Muy ligero.
Día 25: 10.15 p. m. Fuerte, con ruido subterráneo.
10.20 p. m. Muy ligero.
10.25 p. m. Muy ligero.
10.31 p. m. Algo fuerte, con ruido.
10.45 p. m. Algo fuerte, con ruido.
11.10 p. m. Muy ligero.
11.54 p. m. Ligero.
Día 26: 5.23 a. m. Ligero.
Día 28: 4.50 a. m. Ligero.
Día 29: 10.30 p. m. Muy ligero.

Junio de 1912

Día 1.°: 8.15 p. m. Muy ligero.
Día 2: 3.30 a. m. Muy ligero.
11.20 a. m. Ligero.
11.30 a. m. Ligero.
12.58 p. m. Algo fuerte con ruido.

5.10 p. m. Ligero.
Día 8: 1.47 p. m. Muy ligero.
9.46 p. m. Algo fuerte, con ruido.
9.48 p. m. Ligero.
10.14 p. m. Ligero.
11.45 p. m. Ligero.

A causa de la falta de datos instrumentales, le damos a esta lista cierta importancia debido a la circunstancia de haber sido formada en una población que es bastante extensa, y cuenta, por lo tanto, con los elementos para la observación, como son mayor número de relojes y con personas cultas que se dan cuenta aun de pequeños movimientos y no los confunden con los efectos de la nerviosidad especial que quedan después de pasadas las primeras sacudidas. Hubo lugares en que los movimientos llegaron a tener mayor intensidad, y su número fué más grande que en Guadalajara. Así por ejemplo, en una de las poblaciones de los alrededores, en Zapopan, el día 8 se sintieron 20 temblores durante el día (noticia dada por el señor Pbro. Nicolás Hernández), mientras que en Guadalajara se anotaron solamente siete. En lo que se refiere a los registros de las otras poblaciones que están dentro de la zona séismica, debemos manifestar, que si en Zapopan, que es una de las poblaciones de los alrededores que cuenta con gran número de habitantes, no nos fué posible conseguir uno semejante al de Guadalajara, de los temblores que tuvieron lugar desde el día 8 de mayo, mucho menos lo era en los pueblos de menor categoría, donde había dificultad hasta para obtener un dato exacto respecto a las sacudidas más fuertes. En consecuencia, vamos a dar solamente los datos que obtuvimos al pasar por las poblaciones, haciendas y ranchos que están dentro de la zona que reconocimos, advirtiendo de una vez que son bastante incompletos.

Con el objeto de dar una idea clara de la región conmovida, dividimos ésta en tres partes, que son: la que está al SW. de la barranca del Río Grande, la que está dentro de ella y la que está al Norte del mencionado corte natural.

En la primera zona principiamos con los pueblos, haciendas y ranchos que están al NE. de Guadalajara, para seguir con los que están al E. S. y W. para terminar con los pocos poblados que hay al NW. de la misma capital.

Hacienda de Oblatos.—En este lugar se sintieron solamente los choques más fuertes del día 8 de mayo (uno en la mañana y dos en la tarde) bajo la forma de ligeras trepidaciones. Ningún desperfecto.

Tonalá.—Se sintieron las tres trepidaciones cortas del día 8 de mayo y la de la noche del 25 del mismo mes, siendo esta última la más fuerte, sin causar daño alguno. Nos dijeron en este pueblo que también en Tetán se habían sentido estos cuatro estremecimientos y algunos otros de menor fuerza. Tampoco hubo cuarteaduras ni derrumbes.

Santa Cruz de las Huertas.—Aquí se dieron cuenta también de los tres movimientos del día 8 de mayo, percibiendo al mismo tiempo ruidos subterráneos. Los edificios no sufrieron nada y en la iglesia construída de adobe que acababa de ser pintada de nuevo, no hemos podido encontrar la más pequeña cuarteadura.

San Andrés.—Los habitantes de este pueblo percibieron no solamente los choques fuertes sino también algunos de los de menor intensidad, sin que hayan podido recordar fecha, hora y número. Desperfectos nulos. Lo mismo po-

demos decir respecto a San Rafael, donde también se sintieron los movimientos fuertes del 8 y 25 de mayo y algunos otros menos fuertes.

San Pedro Tlaquepaque.—Parece que en esta población se han sentido los temblores con mayor intensidad que en los lugares mencionados anteriormente, habiendo algunas cuarteaduras en edificios de particulares que más bien se deben a la mala construcción y a desperfectos que causaron temblores anteriores y que no habían sido reparados. Las sacudidas más fuertes del 8 y 25 fueron sentidas todavía en la Hacienda de Arroyo de Enmedio, en tanto que en el Castillo ya no se notaron.

Estación de la Junta.—Se sintieron solamente los más fuertes en forma poco alarmante, lo mismo que en Santa Anita.

Santa Ana de los Moros.—Los temblores fueron débiles y no hubo destrucción ninguna, mientras que en

San Antonio del Valle.—(Hacienda.) Un muro delgado de tabique hueco, levantado en el tercer piso de la nueva casa que están construyendo, se vino abajo con la sacudida de la tarde del 8 de mayo.

Jocotán.—Los habitantes de este único pueblo que existe en la parte occidental inmediata a Guadalajara no se alarmaron ni por la intensidad de los temblores ni por su frecuencia, pues con dificultad contestaron a las repetidas preguntas que se les hicieron con ese objeto y la Comisión pudo saber solamente que no había habido destrucciones en este poblado.

Hacienda de la Venta.—En este lugar se sintieron solamente los más fuertes del día 8 y 25 de mayo, como movimientos muy leves que no produjeron alarma alguna.

Más datos positivos hemos recogido en la zona NW. de Guadalajara y Zapopan y parece que a esta dirección se extendieron más los temblores.

Hacienda del Zapote.—A cuatro leguas de Guadalajara los temblores del día 8 fueron sentidos bastante fuertes, como golpes venidos del Norte y acompañados de ruidos. El de la mañana y el de la tarde principiaron con una trepidación y fueron seguidos de una oscilación; este temblor de la tarde fué más fuerte. La Hacienda quedó bastante cuarteada, pero es probable que sus cuarteaduras hayan existido antes. El día 10 se sintió uno ligero a las 11 p. m. y el 13 otro entre 1 y 2 a. m.

Seguramente aquí han de haber sentido el temblor del día 25; pero como nuestra visita fué anterior a él, no tenemos datos respecto a este movimiento.

Fábrica "La Escoba."—En la antigua fábrica de este nombre, clausurada desde hace años, se sintieron los temblores más fuertes, sin que hayan causado desperfecto alguno.

Tesistán.—En este pueblo fueron notadas solamente las sacudidas fuertes, como movimientos muy leves, sin producir desperfectos.

Huentitán.—Este pueblo situado al NE. de Guadalajara, es uno de los pocos pueblos en el cual, fuera de la zona donde la frecuencia de las sacudidas y su intensidad fueron grandes (área pleistoséismica), los temblores se sintieron algo más fuertes y en mayor número hasta el fin del mes de mayo. Desde el día 8 hasta el 31 percibieron 25 sacudidas, contándose entre ellas las más fuertes del día 8 y la del 25 de ese mes. Cayeron tejas de algunos techos y aparecieron cuarteaduras en algunas casas y en la iglesia vieja.

El Batán.—Población situada entre Huentitán y Guadalajara, ya está en el límite del área pleistoséismica, y por lo tanto, los movimientos se sintieron con mayor intensidad y también fueron mayores los efectos que causaron.

La segunda zona de nuestra división comprende, como dijimos antes, los pueblos, ranchos y haciendas que se encuentran en la barranca del Río Grande. En esta zona se sintieron los temblores con menos intensidad, habiendo notado, como pasa generalmente en estos poblados, solamente las fuertes sacudidas, sin que los habitantes se hayan alarmado y mucho menos preocupado en tomar nota de ellas.

Baños de San Gaspar.—Situados en la parte superior de la pared izquierda de la Barranca, al E. de las canteras de Oblatos; allí se sintieron algunos temblores más fuertes sin que el fenómeno llamase la atención de los pocos habitantes que residen en ese lugar. Más fuertes se han sentido las dos sacudidas del día 8 en la

Planta Eléctrica de "La Junta."—Según nos informó el encargado de esta planta, se sintieron dos movimientos, uno a las 6 h. 30 m. a. m. y otro a las 5 h. 45 m. p. m. Los dos movimientos fueron trepidatorios y acompañados de ruidos subterráneos. Cayeron algunas piedras de los cantiles y hubo cuarteaduras de muy poca importancia en las casas de la planta.

Puente de Arcediano.—Se sintieron varios temblores sin que pudieran precisar las pocas personas que viven allá en el fondo de la barranca, el día y la hora. No hubo desperfectos en las dos pilastras que sostienen al puente colgante.

Hacienda de Ibarra.—El Administrador de ella nos dijo que el día 8 sintió siete temblores, de los cuales dos fueron fuertes y que hubo otros dos movimientos sin que pudiera precisar el número de sacudidas. El del día 25, según él, fué el más fuerte. En la casa de la Hacienda no hubo cuarteaduras; pero de las empinadas laderas de la barranca del Río Grande, lo mismo que de las paredes de la Barranca de Ibarra, tributaria de la del Río Grande, cayeron muchísimas piedras el día 8 y muchas más con el temblor del 25, destruyéndose en una ladera sumamente floja y falsa, un tramo del camino que conduce de dicha hacienda a Guadalajara.

Puentillo y Laguna.—En estos dos lugares se sintieron los temblores del día 8 y el 25, relativamente débiles. No cayeron piedras a pesar de que el terreno es bastante malo.

Hacienda de Lazo.—Las mismas informaciones nos ha proporcionado la gente que vive en ese lugar. Hay que advertir que en Puentillo y Laguna no hay casas construídas de mampostería sino jacales, los que, naturalmente, no sufrieron nada. En cambio, la Hacienda de Lazo es una construcción reciente que no muestra desperfecto alguno causado por los temblores.

Rancho Potrero, Cuadrilla "Las Animas," Paso de Guadalupe, Pie de Cuesta.—En todos estos puntos fueron sentidos solamente los temblores más fuertes del día 8 y 25 de mayo, no habiendo causado desperfectos debido a que los habitantes viven en jacales. Como no hay rancho, ni siquiera camino, por el fondo de la barranca desde Pie de Cuesta hasta cerca de San Cristóbal, hay necesidad de subir a la parte media de la ladera izquierda y recorrer los poblados que se encuentran en ella.

Ixtlán.—En este primer pueblo, que se encuentra inmediatamente después de la subida del primer escalón de la Barranca sintieron tres temblores trepidatorios el día 8 de mayo, siendo el más fuerte el primero. El día 25 sintieron el temblor y algunas personas notaron también una sacudida el día 2 de junio a las 11 h. 45 m. a. m. y el 8 del mismo mes a las 9 h. 30 m. p. m. En este pueblo no causaron daño alguno perceptible. En el concepto de los habitantes de ese

lugar, les pareció el temblor del 25 más fuerte que los del día 8 y en el carácter de los movimientos no están de acuerdo, pues unos dicen que trepidatorios y otros oscilatorios.

Hacienda de la Soledad.—El encargado de la hacienda dice haber sentido solamente un temblor oscilatorio, el del 25 y de una manera muy débil. La casa de la hacienda, a pesar del mal estado en que se encuentra, no muestra ningún desperfecto causado por el temblor. Las interesantes aguas termales que tiene la hacienda no presentan indicio alguno de trastorno ocasionado por el mencionado temblor.

Hacienda de Huaxtla.—Los temblores los sintieron aquí de una manera muy ligera, sobre todo el del 25, no habiendo producido alarma alguna.

Hacienda de San Lorenzo.—Aquí fueron sentidos de igual manera que en la anterior hacienda y agregan que el movimiento fué oscilatorio.

El Escalón.—En San Cristóbal fuimos informados que en este pueblo habían sentido muy ligeros los temblores.

San Cristóbal de la Barranca.—En este lugar, donde los temblores del año de 1875 alcanzaron su mayor intensidad, destruyeron la población en el año de 1912, solamente sintieron los dos del día 8, uno a las 6 h. 30 m. a. m. aproximadamente y otro más fuerte, cerca de las 6 p. m. Los movimientos, según ellos, fueron oscilatorios de Sur a Norte y duraron más o menos 3 a 5 segundos. A causa de estas sacudidas cayeron piedras del cerro de "El Embarcadero," lo que se comprende, pues una de las faldas del cerro está cortada casi a pico, formando un acantilado de rocas muy sueltas. La gente no percibió ningún ruido que acompañase a los mencionados fenómenos.

Santa Cruz Atistique.—No sintieron ningún temblor.

Camotán (Rancho).—Situado en la margen derecha del Río Grande, en el camino de San Cristóbal al Cerro Alto, e Ixtlahuacán del Río. Lo mismo que en los otros ranchos a los dos lados, río arriba San Cristóbal, la gente sintió solamente los temblores más fuertes sin alarmarse.

La tercera zona comprende, según nuestra división, los pueblos que se encuentran al NW. de la Barranca de Río Grande. Esta zona es poco poblada y como las escasas noticias que recibimos indicaban que los efectos de los temblores solamente se habían sentido en Ixtlahuacán y en Cuquío, podemos únicamente dar los datos que recogimos personalmente a nuestro paso por las poblaciones, haciendas y ranchos que se encuentran en el camino de Camotán a Ixtlahuacán del Río y en el de Ixtlahuacán a Guadalajara.

Sayulilla (Cuadrilla).—En este lugar, que está situado arriba de la barranca, al pie occidental del Cerro Alto, se sintieron algunos temblores ligeramente. No hubo desperfectos, careciendo el pueblo de construcciones de mampostería.

Hacienda "Agua Blanca."—Se sintieron temblores en forma muy suave y no hubo desperfectos.

Ixtlahuacán del Río.—Desde el día 8 hasta el 25 de mayo se han sentido varios temblores en esta población a consecuencia de los cuales aparecieron nuevas cuarteaduras y las viejas se abrieron más, sin que hubiera derrumbe alguno ni peligro de efectuarse. Los habitantes, dicen unos, que los sintieron como temblores trepidatorios y otros como trepidatorios primero y oscilatorios después. El 25 de mayo a las 10 h. 20 m. p. m. sintióse temblor oscilatorio Oriente a Poniente, habiendo durado 30 (?) segundos, derrumbándose la cruz de una de las torres de la parroquia. Estuvo repitiéndose en pe-

queños intervalos hasta las tres de la madrugada que duró como cincuenta (?) segundos, no habiendo causado ningún ruido como los anteriores. Hay algunas cuarteaduras sin peligro inminente. (1)

Otras personas nos dijeron que habían sentido en total seis temblores trepidatorios. Respecto a la cruz de una de las torres de la parroquia daremos adelante más detalles.

Cuquío y Yahualica.—En estas dos poblaciones y en sus alrededores no se habían sentido los temblores del día 8 y siguientes. Hasta el día 25 sintieron un temblor que lo describen en esta forma: "Cuquío, mayo 26 de 1912.—Señor Gobernador del Estado: En ésta y Yahualica anoche 10 h. 20 m. sintióse temblor trepidatorio ligero, pues duraría dos segundos; no hubo consecuencias.—El Director Político, *Blas Hernández Ibarra.*"

Hacienda de Maxcuala.—Se habían sentido varios movimientos trepidatorios y ligeros el día 8 y el 25.

De todas las otras cabeceras de cantones del Estado de Jalisco nuestras preguntas telegráficas acerca de si se habían sentido temblores fueron contestadas negativamente.

Por lo dicho anteriormente, se verá que el área conmovida es muy corta y se restringe solamente a una parte del primer cantón de Jalisco, cuyo límite está marcado por los siguientes puntos: al Norte, San Cristóbal, Hacienda Agua Blanca e Ixtlahuacán del Río; al Oriente, Oblatos, Tonalá; al Sureste, San Pedro; en el Sur, La Junta, Santa Anita y al Poniente, Santa Ana, Venta y Tesistán.

En el croquis que acompaña al informe, lámina I, damos la distribución de estos datos y otros puntos no mencionados, sin que nos atrevamos a reunirlos por medio de líneas a manera de "isoseistas."

El área epicentral o pleistoseista, era muchísimo más reducida en extensión y se limita a una zona que está al NW. de Guadalajara; comprendiendo en ella los pueblos de Zapopan, Zoquipan Atemajac, Mezquitán, parte de Guadalajara y la planta donde está la provisión de aguas de la ciudad, "Los Colonos." En esta zona los efectos de los temblores fueron tan intensos, que bien se puede decir que los temblores alcanzaron el grado VII, de la escala Rosi-Forel. (2)

---

(1) Telegrama del Director Político, señor J. M. Saavedra al Gobernador del Estado. 26 de mayo de 1912.

(2) Esta escala es empírica y no da ninguna idea exacta de la intensidad del temblor, tanto más que el estado en que se encuentran las construcciones, cuya destrucción sirve de base para los grados mayores de dicha escala, varían en diferentes países y localidades. Tiene, naturalmente, influencia la resistencia del material, el modo de construir y el estado de conservación. Y se comprende que una escala empírica que se ha establecido en países donde los reglamentos para construcciones exigen materiales de primera calidad y donde no hay casas construídas de otros materiales que los de cal y canto, ladrillo y maderas, no es aplicable en regiones que tienen gran número de edificios en condiciones completamente diferentes. Los datos instrumentales comprueban que la intensidad de los temblores más fuertes de Guadalajara no excedió del grado VII de la escala absoluta Forel-Mercali.

II

EFECTOS DE LOS TEMBLORES EN LAS CONSTRUCCIONES

Dada ya la extensión de la zona conmovida y el modo como se sintieron los temblores, pasamos a ocuparnos, de una manera general, de los efectos que produjeron estas sacudidas en las construcciones hechas por la mano del hombre. En Guadalajara, Mezquitán, Atemajac, Zapopan y otros lugares las casas sufrieron desperfectos de cierta importancia, pero no llegaron a derrumbarse, con excepción de una sola casa que se vino abajo en Atemajac con motivo del temblor del día 19 de julio, según noticia dada en la "Gaceta de Guadalajara." Las destrucciones por lo general consistieron en el ensanchamiento y alargamiento de las cuarteaduras ya existentes, separación de muros, en la formación de nuevas grietas, en la caída de piedras ornamentales en las fachadas de los edificios y de objetos en el interior de las habitaciones y desperfectos en los techos. Todos estos efectos son comunes en países donde tiembla y han sido estudiados varias veces por comisiones de especialistas que se han preocupado por la manera de reducirlos a un mínimum, dando reglas que tienen por objeto poner las habitaciones a prueba de temblores.

En consecuencia, podemos limitarnos a indicar los efectos especiales de los temblores en las construcciones de Guadalajara; pues la manera peculiar de edificar en esa región hace que los desperfectos cambien de forma y su importancia sea diferente. Por otra parte, estas construcciones nos permiten sacar algunas conclusiones acerca de la dirección probable de donde vienen los movimientos, deduciéndola de las cuarteaduras causadas en muros con diferentes orientaciones, caída de balaustradas y de otros objetos, etc. Del gran número de desperfectos que hemos observado, daremos únicamente los principales o sean aquellos que se repiten, conservando cierta regularidad, en construcciones semejantes, tanto por la posición y distribución de las paredes cuanto por la calidad del material empleado. Para este fin estudiaremos en algunos tipos de construcción los efectos causados en ellas.

1.—*Efectos en Guadalajara*

Un plano de una casa tipo de una familia de la clase media acomodada damos en la lámina II, figura 1.

Las calles de Guadalajara, como las de muchas poblaciones hispanoamericanas, están orientadas según los cuatro rumbos cardinales; dando, por lo tanto, las fachadas de las casas a cualquiera de los cuatro puntos N., S., E. y W. Para describir los efectos del temblor, teniendo en cuenta la dirección de donde vino, tomaremos como ejemplo una casa cuya fachada vea al S. y supongamos que el movimiento viene, ya sea del Sur o del Norte. En este caso las paredes maestras que están orientadas de E. a W. oscilarán en dirección NS., mientras que las paredes maestras construidas perpen-

dicularmente a las anteriores, es decir, de Norte a Sur, se moverán de un modo completamente diferente al anterior, sin esta oscilación. De todo esto resultará que la fachada se separará de los muros laterales sin sufrir cuarteaduras; en tanto que en estos últimos se abrirán cuarteaduras más o menos verticales, sobre todo en los lugares débiles o de menor resistencia (puertas y ventanas).

La separación de la fachada de los muros laterales puede efectuarse de dos modos, o bien formándose la grieta en la pared lateral, junto a la unión de los dos muros, o en la de la fachada misma, dependiendo esto de la manera como se hizo su amarre.

La fachada y los muros paralelos a ella, quedarán intactos, como hemos dicho, solamente cuando no están apoyadas a ellos otras paredes como son los muros divisorios u otros elementos de construcción o adaptación. Obstáculos de esta índole pueden causar cuarteaduras también en los muros que están dirigidos de E. a W. siempre que dichos obstáculos opongan bastante resistencia; en caso contrario, se verá simplemente una separación de las dos paredes.

Así vemos en el caso de nuestro croquis que la fachada queda separada de las paredes laterales, sin sufrir cuarteaduras, y las cuatro paredes divisorias de tabiques están separadas de la fachada y del muro paralelo interior por grietas. En la pared posterior limítrofe de la casa que está interrumpida por dos arcos, notamos la misma separación del muro lateral y de las paredes divisorias; en tanto que la parte extrema a la derecha está sin cuarteaduras, y solamente el arco de la izquierda se ha cuarteado a causa de la resistencia que opuso el cuarto añadido.

Todas las paredes divisorias que en el interior de la casa están orientadas de E. a W., por este movimiento de NS. a SN., se desprenden de las paredes maestras, formándose las cuarteaduras en las uniones.

Los arcos que rodean el patio en el interior de la casa demuestran también diferentes efectos que dependen de la posición que guardan con relación a la dirección del movimiento. En nuestro caso supuesto, en que el movimiento se efectúa sobre la línea NS., los arcos perpendiculares a esta línea sufren algunas veces cuarteaduras solamente en los dos arcos laterales, donde la pilastra maciza de la esquina no vibra al unísono con los demás arcos. Los arcos que están en la misma dirección en que viene el movimiento, por lo regular todos tienen cuarteaduras cerca de la clave y muchas veces se observa que por su resistencia contra el movimiento causaron cuarteaduras perpendiculares en la unión con las paredes con las cuales están unidas.

Las cuarteaduras que se presentan en la posición y forma que acabamos de decir, son muy frecuentes en las casas que se averiaron por los temblores en Guadalajara y por su misma dirección y posición podemos deducir que la dirección NS. del movimiento que suponíamos arriba para nuestra explicación, era de hecho la verdadera dirección del movimiento.

En las casas de otros tipos, como las hay también en Guadalajara, se observan más o menos los mismos efectos de los temblores si su construcción o material son defectuosos o están resentidos, ya sea por temblores anteriores, ya sea por vejez o por las dos causas; pues casas de diferentes estilos, en buenas condiciones, han resistido perfectamente a los sacudimientos referidos.

En las casas de dos pisos se observa muchas veces un defecto de construcción que da por resultado la formación de cuarteaduras y es: el levantar

paredes divisorias en el piso alto, sostenidas por vigas que están detenidas únicamente en las cabezas sin tener base firme sobre que apoyarse en toda su extensión. Un ejemplo de las cuarteaduras que resultan por este defecto se ve en la planta alta de la Escuela Comercial e Industrial para Señoritas. Esta pared está levantada sobre el techo del salón de recepciones y se apoya directamente sobre una ancha viga sin estar sostenida ésta por columna o pilar alguno en su parte media. Se observa que dos cuarteaduras arrancan de los ángulos inferiores, y tomando más o menos la dirección de las diagonales de la pared, se cruzan y forman una cruz de San Andrés, cuyas ramas superiores son poco desarrolladas. De este modo se forma una especie de arco que carga la mayor parte de la pared (la pared lateral y superior) sobre los muros maestros de ambos lados, mientras el trozo inferior, de forma de un triángulo rectángulo, se cargó sobre la viga.

En otra casa de altos hemos podido observar un fenómeno igual. En la lámina III vemos que la pilastra entre el pasillo y el comedor está precisamente sobre la entrada de la cochera. El resultado de este defecto de construcción es, que se ha formado una grieta en el muro del pasillo que lo atraviesa diagonalmente. Esta grieta parte del ángulo póstero-inferior, se ensancha a medida que asciende en la parte superior y separa la pilastra del arranque de los dos arcos que antes se apoyaban en ella y ahora quedaron suspendidos.

Naturalmente muchos de los adornos, como almenas, balaustradas, macetones, etc., que no estaban debidamente fijados, se han caído a causa de los temblores. Fué una medida muy loable, el haber mandado quitar tales adornos que constituían un verdadero peligro para los transeuntes en los momentos en que temblaba. La caída de estos objetos sirvió algo a la comisión para ilustrarla acerca de la dirección del movimiento como se verá más adelante donde se citarán algunos ejemplos.

Las casas mal construídas de los suburbios han sufrido naturalmente muchísimo más por las sacudidas repetidas de este enjambre de temblores. No debe extrañar que las uniones de muros mal hechos y defectuosos, por su material poco resistente (adobe de mala clase), se hayan abierto y ensanchado las ya existentes y que el aplanado mal unido con el material se haya caído. Pero hay que llamar poderosamente la atención acerca del modo como están colocadas, por lo regular las vigas de los techos en estas casas (1), además de no estar sostenidas dichas vigas sobre soleras, no tienen la longitud suficiente para dar un apoyo bastante en sus extremidades que asegure la estabilidad del techo, sino que apenas tocan sus extremidades los bordes superiores de las paredes maestras; lo que viene a dar por resultado que con el temblor entren en movimiento las cabezas de las vigas, destruyendo la parte del muro donde se apoyan, perdiendo todavía con esto una parte del escaso sostén que las detiene. Las vigas pueden llegar a obrar como cuñas, separando

(1) A propósito de la manera de colocar las vigas, Alberto Heim en su discurso pronunciado en la sesión del 2 de septiembre de 1909 del Congreso Internacional de Seismología, reunido en Zermatt, intitulado "Einiges über den Stand der Erdbebenforschüng" hace la siguiente observación: "Si en el temblor de Messina las cabezas de las vigas no hubiesen estado simplemente apoyadas sobre los muros sino que les hubiesen atravesado, una gran parte de las casas no hubiera sido destruida." (Compte-Rendus des Séances de la Troisieme reunion de la comission Permanente de l'Association Internationale de Seismologie reunie a Zermatt du 30 Aout du 2 de septembre 1909. Budapest, 1909. Pág. 150.

las partes superiores de los muros y empujándolos hacia el exterior. Hemos visto numerosos ejemplos de esta clase de destrucción y sería de desearse que abandonaran este sistema y se obligara a los propietarios a poner soleras sobre las cuales descansen vigas de una longitud debida. (1)

Las iglesias de Guadalajara son casi todas construcciones antiguas que ya tienen cuarteaduras grandes, producidas por temblores anteriores. El efecto de los movimientos de este período se ha notado en que estas cuarteaduras se han ensanchado, en cambio no se ha podido observar con seguridad nuevas grietas. Solamente en la torre NW. de la catedral hemos observado una cuarteadura al parecer nueva que se abrió en la parte alta de la unión del muro de fachada con la torre y se prolonga sobre todo en el lado oriental de la torre hacia el cuerpo de ésta. (2)

No podemos entrar en detalles sobre los efectos de los temblores en las iglesias de Guadalajara porque sería imposible separar los efectos de esos temblores de mayo y junio de 1912 de los producidos por temblores anteriores. Así, por ejemplo, el templo de Mexicalzingo presenta cuarteaduras enormes, seguramente antiguas, pero como no hubo persona alguna que nos hubiera podido decir con seguridad cuáles eran las cuarteaduras formadas antes del 8 de mayo y hasta dónde llegaban y cuáles fueron los efectos de los temblores de este período, no pudimos estudiar estos últimos. (3)

2.—*Alrededores de Guadalajara*

Hay que advertir que las destrucciones habidas en Guadalajara, en los primeros períodos de la primavera de 1912, han sido más notables en la parte noroeste de la ciudad y era de esperarse, por lo tanto que en esa dirección hubiera sido el fenómeno más fuerte también afuera de la ciudad. En efecto, los pueblos y habitaciones que se encuentran en dicho rumbo, han sufrido más por esos temblores; pero si atribuyéramos estos mayores desperfectos solamente a una intensidad mayor del movimiento, estaríamos en un error, porque

(1) La manera como colocan los ladrillos para techar las casas constituye también una seria amenaza para los moradores, porque al temblar, con el movimiento de las vigas que los sostienen, se caen al suelo.

(2) Esta separación de partes añadidas, si así se puede decir a un edificio, se observa también en la torrecilla de la casa del señor Hermosillo, situada en la esquina formada por la Avenida San Francisco y la calle Prisciliano Sánchez. Esas grietas de separación forman una especie de plano inclinado y vienen a constituir un peligro porque sobre este plano puede resbalar la parte superior, como sucedió en Tecalitlán cuando el temblor del 7 de junio de 1911, con la torre de la iglesia del mencionado pueblo.

(3) Como no tenemos la intención de enumerar todos los edificios de Guadalajara y de sus alrededores que sufrieron con los temblores de 1912, sino más bien proporcionar solamente unos ejemplares típicos de destrucciones y de sus causas, debidas a malas construcciones y enumerar, además, los objetos que, por el modo de su destrucción o de los daños que han experimentado, nos indican algo sobre la forma de los movimientos, cerramos aquí la lista de estos ejemplos.

Para más detalles y para una lista completa de los daños sufridos, podemos referirnos a la "Memoria de los trabajos emprendidos por la Junta de Ingenieros nombrada por el C. Gobernador del Estado, con motivo de los temblores registrados en esta ciudad en el año en curso," Guadalajara, 1912, con cuya aplicación completó el Gobierno de Jalisco la obra de previsión y precaución que había emprendido en aquellos tiempos

esa importante influencia en mencionado efecto se debe, en gran parte, a la mala construcción de los edificios en estos pueblos.

En Mezquitán observamos las mismas destrucciones, acaso un poco más intensas que las que describimos de Guadalajara, en lo que se refiere a los suburbios de dicha ciudad. La iglesia que es muy antigua y que se encuentra en muy mal estado ha sufrido serios desperfectos, desplomándose el muro norte de ella unos 12 cm.

En todos los muros y arcos que corren NS. lo mismo que en las tres bóvedas de esta iglesia, orientadas con su eje en dirección EW. se observan cuarteaduras bastante importantes. (Véase lám. II, fig. 2.)

Relativamente poco ha sufrido el pueblo de Atemajac, situado al norte de Mezquitán. En este lugar hay que hacer notar que, mientras que en los edificios recientemente construídos para la planta de la Fábrica de Tejidos de Atemajac no han aparecido cuarteaduras, en el templo y en las casas habitaciones de los obreros de dicha fábrica que son de construcción antigua y mala, se observan cuarteaduras que no son de gran importancia. En el pueblo mismo se ven, excepto algunas grietas antiguas que se abrieron más en casas viejas, algunas cuarteaduras pequeñas en los arcos del Ayuntamiento y que dan al E. y en las bóvedas de la iglesia. Este templo se compone de tres naves que están orientadas de E. a W.; las tres naves sufrieron cuarteaduras: la central en la línea media y las dos laterales cerca de su arranque sobre los muros exteriores de la iglesia. (1)

El pueblo de Batán tiene para nuestros estudios interés especial, porque es la única población cercana a Guadalajara que, perteneciendo al área más conmovida, está situada, por lo menos en parte, sobre roca firme, esto se debe a que la capa de "xal" y acarreo que cubre a una corriente de basalto ha sido deslavada en parte por las aguas de la cañada que atraviesa el pueblo. Las grietas que observamos en las casas que forman la parte alta del pueblo y que están construídas sobre terreno poco resistente, son las mismas que ya hemos descrito en los párrafos anteriores. En el curato, por ejemplo, situado junto a la iglesia que por su buena construcción ha sufrido bien poco, notamos cuarteaduras en paredes maestras, que van de N. a S., la separación de muros divisorios y las cuarteaduras convergentes arriba de las ventanas de la fachada que ve al S.

En la casa del señor Juan García Sánchez, en la calle José Palomar, anotamos un arco del cubo del zaguán, cuarteado en la clave y en las piezas algunas ligeras cuarteaduras sin importancia. También en la casa de la señora viuda de Mayorán se cuartearon verticalmente los muros NS. Ambas casas están situadas sobre el "xal" y las tobas.

En cambio en la planta de la Fábrica de Papel del Batán, que se encuentra en el fondo de la cañada sobre el terreno firme de la corriente de basalto, no se ha observado el menor desperfecto, tanto en las casas como en los acueductos antiguos de la Fábrica. Cosa idéntica pudimos comprobar con las extensas construcciones de la Fábrica de la Experiencia, que están edificando sobre la

---

de alarma y de angustia, con la "medida de la creación de una Junta de Ingenieros, reconocidos por su aptitud y filantropía, que inspeccionara con empeño y eficacia los edificios públicos y particulares, y dictara las providencias del caso, para evitar derrumbes y desgracias personales en el recinto de la capital."

(1) Con el temblor del 1.o de agosto se derrumbó una de las casas que estaba en muy mal estado.

misma corriente de basalto, sin embargo de que los temblores se han sentido allá bastante fuertes. (1)

Para explicar las diferencias que se observan entre los efectos causados por los temblores en construcciones levantadas sobre roca maciza y en edificios construídos sobre depósitos más o menos sueltos de acarreo o de tobas, por ejemplo, necesitamos estudiar más a fondo el asunto.

En la roca firme que tiene una elasticidad mayor, la velocidad de propagación de las ondas es mucho más grande que en los depósitos sueltos. Por otra parte la absorción de la intensidad es mayor en terrenos de acarreo que en terrenos firmes. Mientras que las ondas elásticas en las rocas causan solamente una vibración en ella, en depósitos sueltos producen cambios en la distribución de las masas. Un ejemplo magnífico para este último efecto nos proporciona el experimento siguiente: Si se toma una placa de metal cubierta de arena y se le aplica la vibración producida por un arco de violín, la placa vibrará sin deformarse, mientras que la arena se distribuirá, saltándose y acomodándose, tomando una disposición conocida con el nombre de figuras de "Lissajous." Las ondas séismicas obran naturalmente de diferente manera en depósitos sueltos de gran espesor que en capas delgadas del acarreo colocadas sobre una base de roca firme. Veamos primeramente los efectos que tienen en depósitos grandes de acarreo dos temblores de diferente intensidad proviniendo ambos de un foco situado debajo de estos depósitos. Si el temblor es suave, puede ser que las ondas que salen del foco, al entrar a los depósitos sueltos pierden su fuerza o su intensidad y hasta pueden ser absorbidos por completo en este material. En este último caso ni siquiera se siente el temblor en el epicentro del foco; pero sí puede manifestarse en sus alrededores, donde la roca maciza aflora.

Un temblor intenso del mismo foco puede ser acompañado de dislocaciones o causar grietas en el subsuelo rocalloso. Estos cambios de relieve no se prolongan necesariamente a través del material suelto, pero el movimiento se propagará hasta la superficie, en este caso observamos una zona epicentral pleistoseista que será más o menos la proyección del epicentro en la superficie de la zona macisa, pero la fuerza del temblor de esta zona hacia afuera, en todas las direcciones, se disminuirá rápidamente por la absorción intensa que sufre el movimiento en cuanto más largo sea el trayecto que recorra en materiales sueltos.

Así, pues, en este caso observamos un epicentro pleistoseista rodeado por una zona de menor intensidad, y en los lugares donde se asoma la roca maciza, nuevamente una intensidad mayor.

Las dislocaciones habidas en la base rocallosa no se prolongarán en esta forma a través de los depósitos sueltos, pero sí causarán cambios de acomodamiento en estos materiales y a efecto de esos la dureza destructora del temblor puede aumentar.

Si el foco del temblor es distante, las ondas superficiales, que se propagan

(1) Con esto queda comprobado una vez más cuán errónea es la idea que tienen muchas personas, contra todas las conclusiones deducidas en otras partes por los seismólogos, a costa de dolorosas experiencias, que la capa de sedimentos sobre la que está la ciudad de Guadalajara le sirve de colchón amortiguador contra los choques. Arguyen a su favor el caso de la cuenca de México, cuyas condiciones como cuenca cerrada que lleva varias capas de agua, no es comparable con las condiciones del subsuelo de Guadalajara.

por la roca maciza, hasta llegar a los depósitos de acarreo, al entrar a éstos, pierden rápidamente su intensidad y podemos observar en este caso áreas aisladas en las que no se sintió el temblor en cuestión.

Completamente distintos son los efectos de los temblores en zonas donde la capa de acarreo, que yace sobre roca firme, es delgada. En lugar de amortiguarse el movimiento séismico, como sucede por lo regular en tales depósitos de gran espesor, la sacudida es más fuerte porque la capa delgada a causa del golpe que recibe es separada de su base rocallosa y hasta lanzada muchas veces hacia arriba: efecto que hace comprender que edificios construídos sobre estos depósitos delgados se destruyen aún cuando en los alrededores que no tienen las mismas condiciones del subsuelo, los movimientos no causaron ningún desperfecto.

El acomodamiento de estos materiales sueltos es naturalmente con frecuencia todavía más desastroso que el de los depósitos de gran espesor. (1)

En el pueblo de Zoquipan, al W. de Atemajac, y en el camino de este pueblo a Zapopan, las casas están construídas de adobe y han sufrido las cuarteaduras ya conocidas, sin que se notara una intensidad notable.

La iglesia de este pueblo es vieja y seguramente ya ha experimentado desperfectos ocasionados por temblores anteriores. (Lám. II, fig. 3.) Sin embargo, pudimos observar en ella diferentes e interesantes cuarteaduras que en su mayor parte han sido debidas a las últimas sacudidas. La iglesia está construída de adobe, es de una sola nave, orientada N. S. y tiene su techo formado de tres cúpulas. Al lado izquierdo de la entrada, que está situada al Sur, se ha agregado a la iglesia una torre, cuya parte inferior encierra el caracol que conduce al coro, que se encuentra a media altura, arriba de la puerta, a la azotea y al campanario. La iglesia recibe luz por cuatro ventanas: dos de cada lado de la nave, en el fondo se levanta el altar que forma una especie de pared divisoria, dejando entre él y el muro del costado una especie de pasillo que sirve para subir a la parte superior de dicho altar por atrás. Al lado derecho del presbiterio, se encuentra unida con la iglesia, la sacristía, que se comunicaba anteriormente con la iglesia por medio de un arco abierto en el muro de la iglesia, con un claro correspondiente al ancho de la sacristía; de este arco arranca la bóveda que forma el techo de la sacristía. Al levantar el altar, se construyó debajo de este arco, una pilastra y se cerró el claro con una pared que separa ahora la iglesia de la sacristía (véase lámina IV), en el ángulo formado por la sacristía y la iglesia, se encuentra otro cuarto que sirve de antesacristía.

En las ventanas que están junto al coro, observamos efectos de los temblores que son bastante frecuentes en todas aquellas construcciones que ya hemos

---

(1) Observaciones sumamente instructivas e interesantes en este sentido, se han podido hacer últimamente con motivo del temblor del día 16 de noviembre de 1911, sacudió gran parte de la Europa Central. Véase R. Lais: "Die Erdbeben des Kaiserstuhls" Gerlands Beiträge sur Geophysik, Bd. XII, pág. 45 y R. Lais und A. Sieberg: "Das Mitteleuropäische Erdbeben vom. 16 november 1911, und seine Bezieh ungen zum geologischen Aufbau Süddeutschlands" Gerlands Beiträge zur Geophysik, Bd. XII, pág. 186.

Consúltese también los interesantes comentarios que a este respecto da Harry Fielding Reid: "The California Earthquake of april 18, 1906." Report of the State Earthquake investigation Comission, in two Volumes and Atlas. Volume II. The Mechanics of the Earthquake, Washington, D. C., Carnegie Institution of Washington, 1910 página 49.

señalado como defectuosas por falta de sostén de una parte. El umbral de estas ventanas ha sido demasiado débil, relativamente al peso de la carga, y los movimientos sísmicos causaron grietas en diferentes sentidos. De los ángulos superiores de la ventana nacen dos cuarteaduras que convergen arriba de ella, separando un block del muro de forma triangular próximo a caerse. (1)

De los ángulos inferiores también salen cuarteaduras hacia abajo y hacia el rincón SE. de la iglesia, cortando en su trayecto cuarteaduras verticales que atraviesan el muro; lo mismo pasó al otro lado, en la ventana del muro que ve al W. La bóveda que se apoya sobre los muros que llevan estas ventanas está muy cuarteada, no solamente por la prolongación de las grietas, que salen de las ventanas descritas, sino también por una cuarteadura que arranca de la ventana que está arriba de la puerta de entrada de la fachada que ve al Sur, y otras que la atraviesan saliendo del ángulo SE. de la iglesia.

Un ejemplo de la influencia que tiene en los efectos de los temblores el modificar el arreglo interior, levantando muros y pilastras, en un lugar donde la construcción antigua no lo permite, lo observamos en la lámina IV, ya citada. La pilastra que se metió debajo del arco al levantar el altar, modificó el arreglo de la construcción antigua y produjo a la hora del temblor un empuje de abajo hacia arriba, destruyéndose de esta manera el arco.

Otro efecto del temblor lo pudimos observar en la azotea de la iglesia donde al pie de la torre y en el borde occidental de la misma azotea, había un pequeño arco que se apoyaba por un lado en la torre y por el otro en una pilastra; un travesaño de madera que sostenía una campana estaba empotrado en la pilastra y en el muro de la torre. El temblor produjo la ruptura del arco del que quedó solamente un fragmento embutido en la torre y otro resto sobre la pilastra.

La colonia moderna "Seattle," construída últimamente entre Zoquipan y Zapopan, ha sufrido relativamente muy poco por los temblores; lo que se comprende porque las casas que la componen están en su gran mayoría bien construídas y solamente una de ellas, hecha de adobe y sin cimientos, sufrió cuarteaduras de alguna consideración. El propietario, persona inteligente, explicó que más bien se debieron los desperfectos a lo defectuoso de la construcción que a la intensidad con que se sintieron los temblores. Fuera de esto, lo único digno de citar es que en un techo de cuatro aguas se rompieron algunas tejas y en una barda de mampostería una pilastra que se desprendió de su base girando unos 10° del N. hacia el E.

La Villa de Zapopan fué seguramente la población que sufrió más en el primer período de temblores (día 8 de mayo), aunque hay que advertir que, como dijimos al principio de este encabezado, gran influencia tuvo la mala calidad de los materiales y la mala manera de usarlos. (1) Además, hubo dentro de

---

(1) Véase A. Faidiga "Das Erdbeben von Sinj am 2 Juli 1898." Mitt d. Erdb. Com. d. Kaisl Akad d. Wiss in. Wien Neue Folge, No. XVII. Viena 1903. Fig. 7 y texto pág. 14.

Respecto al uso del adobe, Montessus de Ballore dice lo siguiente: "El principal defecto de las casas hispanoamericanas es el empleo del ladrillo desecado al sol ("adobe"), cuyo uso se ha extendido desde México hasta Chile, con los conquistadores españoles. El más frágil de todos los materiales, aún cuando se le ponga paja a la arcilla y se tiene, desgraciadamente, muchos ejemplos de su fácil destrucción." "La art de construire dans les pays a tremblements de terre" de Gerland Bertrage zur Gephysik, t. VII, p. 230, 1905. En el adobe de Guadalajara se ha suprimido la paja y la substituyen con "xal," fragmentos pequeños de pómez, que si bien le da mayor dureza, en

la misma población zonas en las que las destrucciones fueron mayores, y esto debido a que una parte de la población, la parte antigua, está edificada sobre una loma y el resto, la parte moderna, se ha levantado allá donde principia el declive de esta loma y donde el terreno ya está surcado por el nacimiento de algunas barrancas. Para aprovechar todo el terreno han rellenado los lechos de las barrancas y han levantado y nivelado estos declives con material de acarreo sobre el que han fincado.

De este modo hay que considerar aparte los efectos de los temblores en los edificios antiguos y los desperfectos que produjeron en los nuevos, cuyo subsuelo artificial aumentó el peligro por la desigual resistencia que proporciona, sobre todo en el caso en que una parte de una casa se apoya sobre el relieve antiguo y la otra sobre el relleno.

Los edificios antiguos y cuarteados están en condiciones semejantes a los de Guadalajara, maltratados por temblores anteriores, y citaremos solamente algunos que presentan cuarteaduras de cierta consideración y otros que por el estado de abandono en que se encuentran constituyen verdadera amenaza, aun sin que tiemble. De los primeros podemos mencionar el Santuario y el Orfanatorio y de los segundos el Palacio Municipal y la Escuela Oficial de Niños y Niñas. (1)

En el convento que está reunido con el Santuario, además de las cuarteaduras viejas que se abrieron más, hubo varias en los arcos interiores en la forma descrita de las de los arcos de una casa tipo de Guadalajara. En los portales del exterior, cuyas pilastras macizas de base cuadrada y construídas con sillares de una brecha ígnea rhyolítica, observamos desportillamientos en alguna esquina de estos sillares y algunas cuarteaduras que los atraviesan en la dirección de SE. a NW. De objetos caídos de las dos torres y de los pórticos laterales del atrio hablaremos cuando discutamos la dirección del movimiento.

Citamos el Orfanatorio de la Madre de los Desamparados porque una bóveda (lámina V), cuyo eje horizontal está dirigido de E. a W. se cuarteó, lo mismo que las ya anotadas en las iglesias de Mezquititán, de Atemajac y Zoquipan formándose en la línea media una grieta que permitía ver a través de ella el cielo, y otra, cerca del arranque de dicha bóveda a lado norte. El efecto de esta destrucción de la bóveda se nota perfectamente desde la calle; pues el muro Norte que pertenece a la fachada está desplomado de una manera notoria.

Respecto a los segundos edificios, o sean los que por el estado de abandono en que se encuentran son peligrosos, hay que llamar la atención de que ninguno de ellos se derrumbó; lo que demuestra que la intensidad no fué tan grande. Por lo demás, no presentan interés, porque las grietas que tienen son cuarteaduras antiguas.

El barrio nuevo de la Villa, construído como dijimos antes, sobre un terreno por lo menos en parte artifical, ha sufrido, como era de esperarse, serios desperfectos que se repitieron en la misma forma en todas las casas de esta zona, situada al E. y SE. de la población. Tenemos, por ejemplo, la

cambio no le dan ninguna cohesión y elasticidad. Si el adobe de Guadalajara tiene ese defecto, el que hacen actualmente en Zapopan es aún de menor calidad.

(1) Los dos últimos y el Palacio Municipal han sido clausurados, según comunican los periódicos de esta capital, con motivo del último período de temblores.

casa de la señora Herminia Magdalena (lámina II, fig. 4), número 29 de la calle de Solís, donde principia ya el declive de la loma en cuya cima está la población. La parte Norte de la casa está levantada todavía sobre terreno firme, mientras que la porción Sur, el jardín, patio y los cuartos posteriores, ha sido construída en el terreno artificial. Entre el piso de esta casa y el de la contigua, hay una diferencia de nivel como de metro y medio, debido a que el rellenamiento se ha hecho escalonado. En resultado de esta diferencia en la resistencia del terreno se hizo notable en los temblores, hundiéndose la construcción que queda sobre el terreno levantado; de este modo se explica el por qué se formaron las cuarteaduras que hay en los muros divisorios, con dirección de EW. de los cuartos que dan a la calle. Todas estas cuarteaduras arrancan de los ángulos del cerramiento de las puertas con los largueros y terminan en el ángulo formado por el techo y el muro que da al jardín. En los muros que no tienen puerta, arranca en el ángulo formado por la pared y la fachada.

De las casas que forman el lado Sur de la calle del Seminario y que están construídas en iguales circunstancias a la casa anterior, citaremos solamente la del señor canónigo Gordillo (lám. II, fig. 5), situada en la esquina de la misma calle y la de Hidalgo, y el manicomio que se encuentra situado en la parte más baja, en la orilla de la población.

En la casa del señor Gordillo, que es también del estilo de una casa tipo, además de las cuarteaduras que aparecen en la unión de las paredes, con un ligero desplome de la fachada principal hacia el N. y de las separaciones de muros divisorios que ya conocemos, hay desperfectos que sólo se explican por la circunstancia de que la parte posterior del edificio está situada sobre el terraplenado artificial que se levantó para nivelar el terreno. Mientras que los arcos en el interior de los corredores del NE. y EW., no demuestran cuarteaduras de importancia. Los dos arcos interiores del corredor Sur sí se han cuarteado seriamente. Esta línea EW. de cuarteaduras atraviesa toda la casa y nos indica que la pared de la casa que da al jardín está construída sobre un terreno menos firme que la otra parte de la casa y que los temblores abrieron estas cuarteaduras porque ya existía una tensión entre las diferentes porciones del edificio. Al mismo tiempo, las malas condiciones en que se encuentran las vigas y de las cuales hemos hablado arriba, es decir, su longitud insuficiente y la falta de soleras, hizo que con el vaivén de los movimientos obraran como cuñas, empujando la pared con reja, que da al jardín detrás de la casa, hacia el Sur, y a cuyo empuje se debe que las pilastras de esta pared se hayan roto arriba de su zoco, y que la pared se desplomara hacia el jardín.

Por último, el extenso y nuevo edificio del manicomio se levanta en gran parte sobre el relleno, que se hizo en este barrio que es el más bajo de la población, sobre las ramificaciones de una barranca muy honda que en este punto tiene sus nacimientos. Dicho relleno en algunos tramos debe tener más de 5 metros de profundidad y se comprende que su material, no obstante que ha sido apisonado seguramente con mucho cuidado, no puede proporcionar la resistencia necesaria e igual a la del terreno natural de este lugar. Observamos, por lo tanto, varias series de cuarteaduras, ensanchadas por los temblores a causa de la tensión que existía entre los muros maestros de una misma ala del edificio. La lámina VI, que representa una serie de cuartos en el ala septentrional del edificio (fotografía tomada desde el E. hacia el

W.), nos ilustra el efecto de la ruptura de estas tensiones, habiéndose hundido la pared maestra a la derecha, es decir, al N. La mayoría de estas cuarteaduras parten, naturalmente, de los mismos ángulos superiores de las puertas.

Con estas pocas enumeraciones de desperfectos causados por los temblores en aquella villa, dejamos a Zapopan para ocuparnos de la zona que hemos semi-rodeado con nuestra visita a Mezquitlán, Atemajac, Zoquipa y Zapopan.

Entre la orilla NW. de Guadalajara y la loma sobre la cual está situado Zapopan hay unas depresiones extensas formadas por la barranca Ancha y el Río de Zapopan, con su afluente al arroyo de los Colonos.

Esta región es poco poblada y los edificios que hay en ella, forman solamente dos grupos aislados de construcciones, las de la provisión de aguas potables con su acueducto y las de la hacienda de la Providencia.

Las obras de provisión de aguas constan: de una parte que sirve para captar y conducir el agua, a través de túneles y canales, a los grandes tanques a donde se reúne; de los grandes tanques y de la casa de las bombas para elevarla, y del acueducto que la lleva hasta la capital. En lo general, las obras propiamente dichas sufrieron bien poco con los temblores y esto se debe, en gran parte, al hecho de que no sobresalen fuera del terreno, con excepción del acueducto (1) sino más bien están hechas dentro de depresiones naturales y en parte subterráneas. En cambio, la casa habitación situada en una loma que está unos 20 ó 25 metros sobre los tanques de la barranca de los Colonos, ha sufrido serias cuarteaduras, sobre todo en las torres de los cuatro ángulos del edificio. La construcción especial y principalmente la repartición de masa en esas torres, deben de haber influenciado en gran parte para la formación de las grietas que observamos en ellas. En la que está situada en la esquina NE. hay una grieta que se formó en la unión del borde de la azotea con la torre y desciende hacia abajo para encontrar debajo de la cornisa el cuerpo de la torre que la atraviesa diagonalmente, pasa por el ojo y termina en la dovela del arco de la puerta ciega del lado oriente. Esta grieta, si bien es peligrosa, no tiene tanto interés como otra que se ha formado a dos metros sobre el enrás de los cimientos cortando el cuerpo de la torre horizontalmente. Esta cuarteadura se repite en todas las torres de los cuatro ángulos del edificio y se nota con más claridad en la torre NW., donde se encuentra a una altura de 1 metro 65 centímetros del enrás de los cimientos.

En la azotea del mismo edificio existe un copete, en la fachada que ve hacia el E., que tiene una altura en las extremidades, de medio metro y en el centro más de un metro sobre el borde la azotea cuya altura es de medio metro; detrás de él y fijado con dos abrazaderas de fierro, se levanta el asta-bandera que sirve también de soporte a una lámpara de arco. Con el temblor del 8 de mayo se formó una grieta horizontal que atraviesa el copete a la altura del borde de la azotea. La formación de esta cuarteadura se puede explicar de dos maneras: por un movimiento oscilatorio de E. a W. o a la

(1) A pesar de la larga extensión que tiene, sobre todo en la parte sostenida por su alta arquería en la "Barranca Ancha" no se notó, en la fecha en que lo visitamos (17 de mayo), ninguna grieta. Hay que hacer notar que la arquería tiene su cimentación bastante profunda (12 metros) y la construcción es sólida.

inversa, pues la dirección del borde es N. 20° W. o por un movimiento de trepidación. A la primera explicación se podría objetar que todos los datos que hemos recogido en los alrededores de Guadalajara indican más bien que el movimiento era N. o NW. o S. SE. o inverso; tal movimiento requería también el aflojamiento de las abrazaderas que mantiene unido el astabandera al copete y un movimiento oscilatorio EW. no explicaría, finalmente, las cuarteaduras horizontales en las torres; además, que esto estaría en contradicción con la forma en que nos describieron el movimiento el director de la planta y sus empleados. En cambio, se explica muy bien la formación de las cuarteaduras horizontales de la casa habitación de "Los Colonos" (donde, con excepción de la grieta inclinada junto y en la torre del ángulo NE., no hay separación de muros), por un movimiento fuerte de trepidación sin o con una ligerísima oscilación. Estas conclusiones nos han conducido a la suposición, a nuestro parecer bastante fundada, de que el epifoco del movimiento fuerte del 8 de mayo ha sido muy cerca de este punto de "Los Colonos." Debemos de advertir que no hay ninguna seguridad absoluta en esta hipótesis; porque no debemos de perder de vista que la loma, sobre la que está la casa, está constituída por material muy desmoronable y flojo y que ha sido perforada por un túnel para desviar las aguas de un arroyo que antes corrió por donde está hoy la presa. De este modo muy bien puede ser que los temblores no hayan sido la causa directa de las grietas arriba descritas, sino que ocasionaron sentamientos de la parte debilitada por el túnel mencionado y las excavaciones profundas laterales donde se construyó el tanque depósito; siendo, por lo tanto, en este caso los causantes directos de las cuarteaduras, los movimientos que se verificaron en la loma, producidos por el temblor.

En la casa habitación de la hacienda "La Providencia" pudimos observar varias cuarteaduras, no muy importantes de por sí, sino por la circunstancia de que la hacienda está relativamente bien construída.

A pesar de eso, no pudimos sacar ninguna conclusión respecto a duración o intensidad de los temblores y sólo la mencionamos por ser el segundo punto habitado de esta zona.

Para concluir con este capítulo, réstanos hablar de la hacienda de San Antonio del Valle en la que, sin embargo de que los temblores al parecer no se sintieron muy intensos, en la casa en construcción cayó un muro divisorio de un tercer piso que aun no estaba techado (véase lámina II, figura 6 y lámina VII). La fachada de esta casa ve hacia el E. y los muros divisorios en el tercer piso quedan en dirección EW. Las paredes divisorias son muy delgadas y están construídas de tabiques huecos que corresponden a tres cuartos aun no terminados. Uno de los muros laterales el del S., fué destruído por el temblor del día 8 de mayo, de tal manera que la parte que se une con el respaldo de la fachada quedó intacta, mientras que la parte que correspondía a la puerta se vino abajo, cayendo hacia el N. Los escombros tomaron el aspecto de una serie de cajas de cartón que se doblega y cae al suelo, guardando las cajas el mismo arreglo que tenían antes, pero quedando separadas. Tenemos que las paredes estaban unidas, como ya dijimos, con el muro de fachada por un lado y tenían el claro de la puerta al otro extremo. El muro del Norte no se cayó sino se separó solamente de la fachada.

3.—*Efectos en el terreno*

A pesar de las investigaciones que hicimos en los lugares que recorrimos, sobre todo en la zona pleistoséistica, dirigidas especialmente para saber cuáles habían sido los trastornos que ocasionaron los temblores en la superficie terrestre, nuestros esfuerzos fueron en vano. Así en el régimen hidrológico, tanto superficial como subterráneo, no se notó nada anormal; naturalmente que para decir esto nos tuvimos que atener al dicho de los habitantes de cada lugar. Manifiestan ellos que el nivel de los pozos no varió; que el aspecto, sabor y temperatura del agua no cambiaron, que los manantiales ni aumentaron ni disminuyeron en sus gastos. Objeto especial fueron las visitas que hicimos a las aguas termales que tanto abundan en esa zona y que representan un papel muy importante en la vida geológica de la región. Tampoco en éstas pudimos apreciar variación ninguna, por la falta absoluta de datos anteriores, de temperatura, gastos, etc.

Sin embargo, cambios muy anteriores de trayecto y salida de las aguas se aprecian muy bien en las barrancas donde se ven los depósitos diferentes llamando la atención, sobre todo a este respecto, las fuentes termales de la Soledad. Aquí hubo un cambio en la salida de las aguas y éste se anota actualmente por la circunstancia de que los dos cuartos para baño que se construyeron hace años, precisamente sobre unos orificios de los manantiales para utilizar el vapor del agua con sus depósitos, han tapado estas salidas y hoy aparecen más abajo otras fuentes. Estos cambios, como acabamos de decir, se han efectuado hace años y los habitantes de la localidad no han notado variación en el régimen de las aguas producida a consecuencia de los temblores últimos.

El mismo resultado negativo nos dió el examen de las aguas termales y de las solfataras que se encuentran en terrenos de la hacienda de la Venta.

La investigación de la formación de grietas no fué descuidada por nosotros sino por el contrario, teníamos bastante empeño en examinar cuidadosamente la región a este respecto visitada por nosotros y en procurar informes acerca de si en algún lugar había aparecido una de estas aberturas que tanto interés tienen para el estudio sismológico, no solamente porque nos indican zonas excepcionalmente peligrosas, sobre las que no se deben construir, sino también porque estas grietas con sus alineamientos pueden indicar líneas estructurales de la geología de la comarca y revelan con esto, algunas veces, causas locales de temblores. Nada de esto se ha podido observar en la zona conmovida por los temblores de Guadalajara, pues el único dato de formación de abertura que llegó hasta nuestro conocimiento no fué una grieta causada directamente por los temblores.

Por aviso amable del señor Macías, de Guadalajara, supimos que en la "Colonia Guadalupe de los Obreros Católicos," situada entre Mezquitán y Atemajac, al lado E. de la línea actual de tranvías, se había formado una abra que alcanzaba, en algunos lugares, dos metros de profundidad y tenía dos centímetros de ancho, pudiéndose seguirla en una longitud de 70 metros aproximadamente. Investigaciones en el terreno dieron por resultado lo siguiente: el plano inclinado hacia el W. de la mencionada colonia, ha sido atravesado anteriormente por el trazo de los tranvías de tracción animal que fué abandonado para tomar el que siguen actualmente los tranvías eléc-

tricos, como se ve el croquis adjunto. La primera barranca que cruza el terreno en dirección SN. apenas llegaba anteriormente hasta el punto donde se acerca a la línea antigua de los tranvías de mulas, pues en este lugar se habían construído en aquel tiempo, defensas en el nacimiento de la barranca, que al quitar la línea, quedaron abandonadas. Con este abandono, la barranca principió a prolongarse en el terreno desmoronable hacia el S. siguiendo primeramente, por unos 40 metros la cuneta de los tranvías para ensancharse y prolongarse después más hacia el S. y SE. Hoy día tiene, desde el nacimiento



hasta el punto donde estaba hace cuatro años, unos 160 metros de largo. Las aguas del arroyo que corre en el fondo, han cortado en su curso superior una grieta muy angosta perpendicular que atraviesa por el terreno y que por el hecho de haber sido rellenada con material impermeable, sirvió de cortina para el agua de las partes superiores del subsuelo. Desde que se formó el arroyo, el agua que se estanca detrás de esta cortina obtiene fácil salida al arroyo, y tomando este curso, debilitó la parte que está junto a la grieta hasta que se pudo formar la abra mencionada. Con esta explicación se comprende también que el pozo abierto hace tiempo, precisamente en esta grieta,

con el objeto de hacer adobes en ese lugar, se haya secado paulatinamente mucho antes del temblor del 8 de mayo.

Los únicos datos positivos respecto a los efectos de los temblores en el terreno, los hemos podido recoger en la barranca del Río Grande y en sus ramificaciones, en una extensión relativamente reducida. Desde la "Planta Eléctrica de La Junta," que está situada cerca del punto donde se une el Río Verde al Río Grande de Santiago, hasta el rancho de "Las Animas," lo mismo como en toda la extensión de la barranca de Ibarra, los habitantes nos dijeron que durante los temblores más fuertes, se habían caído muchas piedras sueltas de los acantilados y de las partes abruptas de la barranca. Nosotros mismos hemos podido ver las huellas de estos derrumbes, de los cuales los más notables se han efectuado cerca de la Hacienda de Ibarra. Entre Ibarra y el Puente de Arcediano se había derrumbado de la ceja más alta de la barranca, en la margen izquierda (al N. de Huentitán), una porción grande de la corriente basáltica que forma dicha ceja y que ha dejado un surco en la pendiente, sin causar ningún daño por no haber ni siembras, ni habitaciones, ni comunicaciones en este tramo.

El camino de herradura que, bajando por la barranca de Ibarra comunica la hacienda de este nombre con Guadalajara, ha sufrido serios desperfectos por los temblores, en el tramo que está antes de llegar a la mencionada hacienda. En esta parte, la ladera está formada por una rhyolita muy quebrada, de pendiente muy fuerte, que se debilitó por la construcción del camino y se vino abajo con los temblores, interrumpiéndose el paso. Lo mismo pasó con el camino que hay entre la hacienda de Lazo y Las Animas, cerca del rancho de este nombre. (1)

---

(1) En Guadalajara se nos dijo que cerca de la "Peña Prieta," peñasco muy característico, situado a un lado del camino entre el "Puente de Arcediano" y el "Plan de San Marcelo" (lado derecho de la barranca del Río Grande) se había formado una abra peligrosa. En nuestra visita al lugar, la gente que vive al pie de esta "Peña Prieta" nos dijo que nada de eso había sucedido. Así como esta noticia, hubo otras muchas que no solamente eran fantásticas y exageradas, sino que ni siquiera era posible tomarlas en consideración, debido a lo extravagantes que eran.

III

OBSERVACIONES RESPECTO A LA DIRECCION PROBABLE DE LOS TEMBLORES (DEL PRIMER PERIODO) DEDUGIDA DE LOS OBJETOS GAIDOS

Como los movimientos séismicos en cuestión han sido más bien trepidatorios que ondulatorios, los habitantes del área conmovida fuertemente no se han podido dar cuenta de la dirección en que vinieron las sacudidas, como por lo regular pasa en los casos cuando el foco del temblor está a una distancia corta del punto de los observadores. Una indicación parece proporcionarnos los ruidos subterráneos que se han oído frecuentemente, ya seguidos de movimientos sensibles o sin que se haya notado una sacudida perceptible. Todos los datos que recogimos acerca de los ruidos que acompañaban a los movimientos del primer período de estos temblores, lo mismo que nuestras propias observaciones en Guadalajara, indican que los ruidos provenían del N., sin que se hubiera podido precisar con más exactitud el rumbo.

Referente a los objetos caídos de las sacudidas, hay que tener cierta desconfianza en la interpretación de estos datos, pues cualquiera circunstancia puede cambiar la dirección en que el objeto cae o quede colocado después de la caída. Hay que excluir casi por completo en estas investigaciones a todos los objetos que tienen una base que no sea redonda; hay que informarse si el centro de gravedad del objeto no estaba fuera del centro de su base o del plano que le servía de apoyo; y hay que hacer multitud de otras observaciones muy concienzudas que en muchos casos nos conducen a la persuación de que la mayoría de los objetos caídos no nos indican la verdadera dirección del movimiento o de una de sus fases. Indicaciones todavía de menos valor nos proporcionan las direcciones de las cuarteaduras de los edificios en los cuales las condiciones del subsuelo, la clase del material empleado, el sistema de construcción seguido y un sinnúmero de otras circunstancias, como por ejemplo, para indicar solamente una de mucho peso, los desperfectos anteriores, influyen de un modo incalculable en la formación de grietas y cuarteaduras. *Por lo tanto, hemos creído siempre que a estos datos sacados de edificios, más o menos lastimados por las sacudidas, se les debe dar cierto valor únicamente en el caso en que se observa que una mayoría muy notable de desperfectos o cuarteaduras nos lleve a la misma conclusión respecto a la dirección del movimiento.*

Una indicación en ese sentido nos la dan, hasta cierto punto, las separaciones de los muros divisorios que, como arriba dijimos, se efectuaron siempre cuando éstos tenían la orientación EW. y las paredes maestras estaban de NS. El hecho de que las vigas de los techos causaron el desportillamiento de los muros cuando ellas tenían una dirección NS., nos indica también que el movimiento ha sido de N. a S. o inverso.

Otra observación que corresponde a la anterior, era que en la mayoría en los casos se habían abierto, cerca de la clave, los arcos de los corredores

que van de NS., mientras que casi nunca pudimos anotar cuarteaduras en los arcos que están en dirección perpendicular a los anteriores.

En cambio, observamos muchas veces en estos últimos arcos, en los orientados EW. cuarteaduras en los arcos laterales donde se ligan con la arquería orientada de NS., desperfectos que solamente se explican con un movimiento de N. a S. o inverso.

Lo mismo pasó con las bóvedas de eje horizontal de dirección EW. de algunas iglesias y casas particulares (iglesias de Mezquitán y Atemajac, Orfanatorio del Sagrado Corazón, en Zapopan), que, como dijimos, sufrieron cuarteaduras paralelas a la dirección EW. de su eje, en tanto que nunca observamos una cuarteadura nueva en las bóvedas con eje NS.

Otro dato que nos lleva a las mismas conclusiones, nos proporciona el muro del cuarto del tercer piso de la Hacienda de San Antonio del Valle, que cayó también en dirección hacia el N.

Las almenas caídas en varias partes de Guadalajara y de Zapopan, en la mayoría de los casos no nos pueden dar ninguna indicación precisa acerca del rumbo de donde vino el movimiento. Influyen en su caída, como ya se ha dicho, la forma de su base, la heterogeneidad del material en la misma almena y el modo de fijarlas en las balaustradas.

Además, hay que tomar en consideración que el edificio mismo y la balaustrada puede desviar la dirección del movimiento, a causa de la descomposición de las fuerzas.

Nos abstenemos de enumerar todas las diferentes direcciones en que cayeron las almenas en las poblaciones ya citadas y damos solamente algunos ejemplos; los que por las condiciones especiales en que se verificó la caída, marcan de una manera general el sentido del movimiento. Así, en el santuario de Zapopan se cayeron algunos remates de las pilastras del atrio y de un macetón de cada torre. Estos ornamentos cayeron, con excepción de uno, hacia el N. desviándose unos al E. y otros al W., debiéndose esto a las condiciones en que estaban colocadas.

El atrio de la iglesia de Zapopan (véase lámina II, fig. 7) ocupa el frente del templo y las dos alas laterales del convento que se extiende a uno y otro lado de la iglesia. Su mayor extensión es paralela a la fachada general, que ve hacia el E. y su longitud es más o menos tres veces mayor que su ancho. Su forma rectangular ha sido truncada en las dos esquinas exteriores por dos puertas laterales de entrada; la puerta principal queda entre estas dos puertas y enfrente de la entrada del templo, la forma de las tres puertas del atrio es idéntica. Encima de cada una de ellas hay como ornamento tres macetones de grandes dimensiones, estando el más grande enmedio y los otros dos menores a los lados. Los macetones de la puerta de entrada principal no se cayeron, mientras que los de las puertas laterales se vinieron abajo, cayendo unos hacia el N. con ligera desviación hacia el E. y solamente uno de la puerta SE. hacia el S. con la misma desviación hacia el W.

La caída de los adornos de las torres de ese santuario no da la dirección precisa del movimiento, pero confirma que fué NS. En estas torres de base octagonal se desprendieron de la última parte del cuerpo de cada torre, donde principia la cúpula, unos adornos y llama la atención que los huecos que dejaron estos dos adornos caídos, se encuentran precisamente en puntos opuestos de los octágonos de las bases de las torres, quedando de tal manera que la

torre Sur perdió el ornamento en su esquina N. 67° W. y la torre Norte presenta el hueco en la esquina Sur 67° E.

El adorno de la torre Sur (lámina VIII) cayó sin tocar parte saliente del cuerpo de la torre y sin desportillar las márgenes del hueco de la cornisa, donde estaba metido, estrellándose en la azotea, donde quedó en dirección NNW. respecto a su posición primitiva.

El ornamento correspondiente de la torre Norte salió de su lugar rompiendo el borde superior de la cornisa, desportilló en su caída el borde inferior de otra cornisa que estaba abajo de la primera en el lado oriente del octágono de la torre y cayó de aquí al atrio, donde quedó al NE. respecto a su posición anterior; pero la ruptura mencionada de las dos cornisas indican claramente que el impulso que tiró este ornamento estuvo orientado NS. más o menos.

En la iglesia del Sagrado Corazón, en Zapopan, se cayó una esfera de piedra del copete de la fachada, entre las dos torres, dejando en el piso del atrio de dicha iglesia una huella bien marcada del golpe (lámina IX). Esta esfera al caer desportilló el borde superior de la cornisa de un arco. La dirección en que cayó fué S. 35° E.; esto es una de las mejores indicaciones a pesar de que también aquí puede haber habido un cambio de dirección a causa de la heterogeneidad del material de la bola, de las irregularidades de su superficie y de la forma de la oquedad en que se apoyaba y, por último, por las circunstancias de que la base del remate es de forma cuadrada. Naturalmente que no se sabe si la bola cayó al primer impulso o durante una de las fases posteriores del temblor.

Las balaustradas que se apoyan en los muros de fachada, sufrieron en algunos casos bastante con los temblores, notándose cierta tendencia a agrietarse más fácilmente las que están sobre paredes orientadas EW. Uno de éstos es el que señala la lámina X que es la fotografía de las balaustradas de una casa situada en la esquina SW., formada por las calles del Santuario e Hidalgo, en Zapopan. La parte superior de la balaustrada que ve al Norte se cayó con el temblor de la mañana del día 8, en tanto que parte de la que ve al E. se vino abajo con el temblor de la tarde del mismo día. Las dos fotografías demuestran, además, que el movimiento obró de diferente modo en las balaustradas, rompiendo unas columnas en su parte media en la barda que ve al N. y desprendiendo el pasamano de la que ve al E. La lámina XI da detalles de las rupturas que sufrió la balaustrada que ve al N. y que fueron destruídas en sus diferentes partes (ninguna columna quedó sin cuarteadura); mientras que en la otra balaustrada la mayoría de las columnas permaneció intacta y solamente se cayó el pasamano a causa de su posición volada. (Parte de ella ha sido quitada el día 9 de mayo, por el peligro inminente.)

Del temblor de 25 podemos citar solamente la caída de una parte de la balaustrada de un tragaluz de la casa del señor Juan Hormi, situada en la esquina de la calle de Placeres y Tolsa. La balaustrada corona la pieza, y solamente se cayó la parte del lado NW. del octágono que forma. Con esto tenemos otra indicación más acerca de una de las fases del movimiento de este temblor en la que causó más daño.

Como sabemos, estos objetos desempeñan fortuitamente el papel de seismoscopios y aunque señalan una de las direcciones en que se efectuó el temblor, hay que interpretar ésta con mucha precaución y darle el valor que le corresponde.

Por todo lo anteriormente expuesto se ve que estos datos no nos llevan a ninguna conclusión exacta ni aun si les añadimos la observación hecha en la iglesia de Mezquitán, donde un tibor de barro de forma esbelta y de metro y medio de altura, se rompió a causa del temblor, más o menos en la mitad, cayendo la parte superior en dirección hacia el Sur.

Lo único que se puede deducir de todas estas observaciones es que los movimientos de estos primeros períodos, han sido trepidatorios, pero sus efectos demuestran que ha habido también oscilaciones en dirección NS. o hundimientos unilaterales de bloques.

El estudio de los seismogramas nos proporcionará datos más exactos y nos indicará la forma de estos movimientos.

IV
ORIGEN DE LOS TEMBLORES

I.—Geología de la comarca

En las páginas anteriores nos hemos ocupado de la descripción de los temblores y de los efectos mecánicos de ellos en la superficie, procurando encontrar en estos efectos, indicaciones que nos lleven o sirvan de guía en el estudio del origen de estas sacudidas. Ahora nos toca dar a conocer y explicar la geología de la comarca en la cual debemos buscar la causa o las causas que ocasionaron dichos movimientos.

Comenzaremos por ver, primeramente, a qué elementos geográficos y geológicos pertenece la comarca que ha sido conmovida por estos sacudimientos.

En obra monumental "Das Antlitz der Erde" (1), hablando de la Sierra Madre Occidental, Suess dice lo siguiente: "Ya hemos anotado que al lado W. de la Sierra Madre Occidental, en Sonora, se han encontrado rocas antiguas, como el Silúrico y el "Piso Barranca" del Triásico con su mantón de carbón; bloques de caliza cretácica y depósitos volcánicos cubren gran parte de esta base. Más hacia el Sur, los depósitos volcánicos aumentan rápidamente de espesor. El perfil transversal, que levantó Weed desde Parral hacia el WSW. hasta la parte inferior del río Sinaloa, nos revela solamente en muy pocas partes de los primeros contrafuertes occidentales y en las cañadas más profundas de la zona oriental, sedimentos fuertemente plegados. En lugar de una cadena de montañas tenemos una mesa que alcanza 2,500 metros aproximadamente, y en sus partes más altas llega hasta 3,200 metros. Esta mesa está muy diseccionada y tiene un declive suave hacia la Mesa Central en el Este, mientras que poco más al W. de Guadalupe y Calvo la bajada hacia el W., es rápida y profunda, sin que corresponda dicha bajada a una fractura. Más bien se debe este brusco descenso al trabajo de la erosión, y la zona amplia de lomeríos, que se extiende a lo largo y al pie de dicho descenso, es la continuación de la base de la mesa grande que anteriormente se prolongaba más hacia el W."

"Esta faja montañosa, restos de una antigua mesa, se ha formado de la siguiente manera: encima de los sedimentos plegados se extendieron y acumularon grandes masas de brechas andesíticas, tobas y lavas en gruesos bancos, depositados horizontalmente. En algunas partes, rocas monzoníticas atraviesan a las andesitas. La erosión cortada de esta formación andesítica abriendo muchos valles, algunos tan profundos como los hay ahora. Más tarde, todas estas depresiones y todas las sierras andesíticas han sido cubiertas por efusiones y productos de proyección rhyolíticos y dacíticos, ricos en sílice, que formaron encima de las mesas andesíticas cortadas por la erosión nuevas mesas. Cubriendo a éstas, por fin aparecen como formaciones más modernas en algunas partes, mesas de basalto. El relieve moderno es el producto de la erosión."

---

(1) Das Antlitz der Erde. Edouard Suess, Wien Leipzig, 1909, t. III, segunda parte, pág. 494 y siguientes.

"Estos datos comprueban la explicación que había dado poco tiempo antes Ordóñez. Tenemos como resultado, que la Sierra Madre Occidental, en su mayor parte, es de origen sub-aéreo. En las regiones más al N. de Sonora existe todavía cierta semejanza con las sierras sumamente cortadas del márgen del desierto del Gila de Arizona."

"Más hacia el Sur, se acercan más las sierras entre sí y más allá sigue la capa volcánica. Como en Sinaloa, también en Durango y Tepic se reconoce un relieve anterior de una montaña andesítica más antigua, debajo de las rhyolitas. Las rhyolitas se extienden, sobre todo, en la Sierra Madre Occidental hacia el E.; en la Mesa Central, esta roca ocupa poca extensión. En la sierra parece que han salido estas rhyolitas de grandes grietas cuya dirección, en lo general, es paralela a la dirección principal (¿de las capas de la base o de la Sierra Madre Occidental?): mientras que en la Mesa Central las rhyolitas hicieron erupción por puntos aislados."

No reproducimos el párrafo sobre las "Bufas" y "El Locero" de Guanajuato, porque, además de estar fuera de la zona que nos interesa, contiene ideas erróneas acerca de estas formaciones y añadimos solamente que Suess cree que en el Sur de Jalisco, donde, según la carta de la extensión de las rhyolitas publicadas por Ordóñez, (1) éstas ya no afloran en la superficie sino que están cubiertas por las lavas básicas de los volcanes modernos.

El último párrafo que nos interesa es el siguiente: "Como un dato de mucha importancia debemos tomar el hecho de que la zona en que aparecen efusiones rhyolíticas que más al N. aparecieron solamente en muy pequeña escala en la Mesa Central, al E. de la Sierra Madre Occidental, desde Tepic y Jalisco, se dirije hacia el SE. y en dirección hacia Jalapa, entre y debajo de los volcanes modernos, extendiéndose hasta cerca de la costa oriental. *El mapa de Ordóñez indica con claridad que la línea volcánica antigua de la Sierra Marde Occidental, hace una conversión en la dirección de la línea de los volcanes modernos."*

Seguramente que la descripción hecha por Suess para la Sierra Madre Occidental respecto a las rocas que la componen y su sucesión, en general es acertada, pero la explicación que él da para su formación no corresponde a los pocos y aislados conocimientos que tenemos de esta parte de la República, que nos llevan a la creencia que el descenso rápido de la Sierra hacia el W., lo mismo que las fracturas, que el mismo Suess acepta en el segundo párrafo traducido, están formadas por líneas tectónicas de una importancia esencial para la explicación de dicho elemento orográfico.

La expresión "Sierra Madre Occidental," por cierto no es una expresión muy feliz. La descripción que dimos arriba con las palabras de Suess, ya nos indica que esta zona elevada no está formada por "un conjunto de montañas con dirección definida y de perfil dentado" sino más bien es la faja ancha de una altiplanicie sumamente recortada por la erosión que por un lado se desvanece con pendiente poco marcada en las llanuras y montañas del in-interior de la República, que nos hemos acostumbrado a llamar "Mesa Central," y por el otro lado tiene un descenso rápido hacia el W. que conduce, con un desnivel grande, a la zona baja de la costa del Pacífico.

---

(1) Ezequiel Ordóñez. Las Rhyolitas de México. Bol. Inst. Geol. de México, número 14, 1900.

La presencia de una faja alargada y relativamente estrecha de rocas ígneas, que en ninguna otra parte del país tiene una continuidad tan marcada, y la circunstancia de que esta zona, que alcanza una elevación media de 3,000 metros aproximadamente, sobresale, no solamente de los terrenos bajos de la costa sino también de las llanuras de la Mesa Central, con sus 2,000 metros y más, nos conduce desde luego a la conclusión de que esta Sierra Madre Occidental corresponde a una zona de fracturamiento de una extensión bastante grande y de una importancia considerable. También el carácter del sistema hidrográfico de la Sierra, el arreglo lineal de los ríos longitudinales, la forma estrecha y corta de sus partes transversales nos llevan a las mismas conclusiones. Además, podemos citar las investigaciones (1) de uno de nosotros que en un estudio geológico del mineral de "La Yesca" en la comarca, atravesada por los dos ríos longitudinales de Bolaños y Amatitlán de Jora, encontró un sistema de fracturas que, cortando las andesitas de la base, las dacitas, las diferentes rhyolitas y sus tobas, dió lugar a la inyección y efusión de un magma basáltico y a la formación de vetas mineralizadas, teniendo estas fracturas inyecciones y criaderos, la misma dirección de la Sierra Madre Occidental, NNW.

A este aspecto topográfico y tectónico local se añade el hecho de que paralelamente a esta faja de la así llamada Sierra Madre Occidental, se extiende la depresión del Golfo de Cortés y el trozo alargado y emergido de la península de la Baja California. Además de todo esto, tenemos caracterizada, por lo menos, gran parte de la Sierra Madre Occidental, como una zona en la cual las fuerzas tectónicas, hoy día, todavía demuestran cierta actividad por los temblores que se sienten con alguna frecuencia en ella o en sus límites. Dice el señor Aguilera en un trabajo presentado al X Congreso Geológico Internacional: (2) ".......... le degré plus eleve d'instabilité correspondant a la zone située sur le cote du Pacifique, au la Sierra Madre Occidental borde directement le Pacifique, dont le littoral s'enfonce rapidement avec una pente de 7% a 8%. Elle est comprise entre deux changements de direction des Sierras Madres Mexicanes, changements qui obeissent a la déviation que souffre le continent entre les paralleles 21° y 16°. Cette région est située dans sa majeure partie dans la portion la plus elevée du pays. Elle s'étend (le long de la Sierra Madre Occidental) du NW. au SE. en ayant ses zones les plus instables de la Sierra Madre Occidental."

Precisamente en este rincón interior que principia en el paralelo 21° está situada la comarca séismica de Guadalajara.

La depresión del Valle del Río Lerma, que viene del E., se ensancha al entrar al Estado de Jalisco, formando las amplias llanuras, cuya parte más profunda está ocupada por el lago de Chapala. Estas llanuras interrumpidas por diferentes cerros y lomas formadas de materiales de efusiones volcánicas se extienden más hacia el W. de Guadalajara, donde en tiempos anteriores el curso del río ha sido obstruído, sea por levantamientos o efusiones muy potentes de materiales andesíticos y rhyolíticos, nacidos de fracturas a lo

(1) Paul Waitz y Luis Hijar y Haro. Notas geológicas sobre el mineral de "La Yesca," especialmente de la mina "Buenavista," Tepic. Bol. Soc. Geol. Mex., t. VIII, pág. 71, México, 1912.

(2) "Les Volcans du Mexique dans leur relations avec le rélief et la tectonique générale du pays," par J. G. Aguilera, Comptes rendus de la Xeme. Session du Congres Géologique International, 1907, IIeme. fasc., pp. 1167.

largo de la Sierra Madre Occidental. La depresión que quedó detrás de estas cortinas, en aquella época, ha sido llenada en parte, por lagos cuyos depósitos han ido elevando paulatinamente su fondo junto con las corrientes y los productos de erupciones volcánicas más o menos cercanas, mientras que el agua que rellenaba parte del vaso, buscando salida, la encontraba en dirección NW., donde halló en su camino circunstancias que le permitieron una erosión rápida y profunda. A causa de esto, ya antes de que se hubiera rellenado completamente el vaso, el trabajo del río en la Sierra Madre Occidental había llegado a una profundidad que correspondía a la superficie de los materiales depositados en la antigua depresión mencionada. La erosión siguió su camino entrando el río entonces a la fase erosiva también en aquella parte, que antes había sido ocupada por lagos y donde el río estaba antes en su fase depositante.

El curso del río en estos depósitos había sido desviado por formaciones volcánicas que, diseminadas por la llanura, le obligaron a dar vueltas por las faldas de estas formaciones. En otras partes el río se encontró con prominencias del antiguo relieve que, sobresaliendo de los depósitos de acarreo fluvial, lacustre y aéreo, formaron otros obstáculos desviando la erosión.

En este conjunto, descrito a grandes rasgos, se encuentra la ciudad de Guadalajara construída sobre los depósitos que en forma de corrientes, de tobas y de materiales de acarreo llenaron la depresión antigua. Junto a ella pasa el profundo cañón, conocido con el nombre de "Barranca del Río Grande." Las siguientes líneas servirán para informar con algunos detalles más, acerca de la geología de esta zona tan interesante y tan poco conocida.

El valle de Guadalajara, propiamente dicho, está limitado al NW. y N. por el cerro del Río Blanco (al N. de Zapopan) y la mesa de San Isidro; por la Barranca del Río Grande en el NE. y al E. y SE. por unas lomas basálticas que se extienden desde el Cerro de la Reina, cerca de Tonalá hasta el lugar llamado la Junta, donde se reúnen los ferrocarriles de México y de Colima; al S. por los Cerros del Cuatro, Santa María y Gachupín y al SW. y W., por la Sierra de la Venta. Como se ve en el croquis, estos límites forman una especie de romboide truncado en el ángulo inferior cuyo lado NW. se completa con un umbral de muy poca elevación que se considera como límite, por servir de parte-aguas entre las aguas de la barranca que, pasando por Santa Lucía, va hacia el NW. y los arroyos que nacen al E. de este borde y que más tarde forman el río de Zapopan. El valle de Guadalajara es solamente parte de otro gran valle del cual está separado en unas partes por formaciones "postizas" y en otras por profundas cortaduras, efectos de la erosión. Este valle grande se extiende por los dos lados de la barranca moderna y se liga en el SE. cerca de Atequiza con los valles que acompañan al Río Grande desde Yurécuaro. El gran ensanchamiento de estos valles, que principia en el lugar arriba indicado y en cuyo fondo se han formado varias lagunas, de las cuales la de Cajititlán es la más grande, está separada del valle de Guadalajara por las lomas de Tonalá y San Pedro, El Cuatro, Santa María y Gachupín. Mientras que esta sarta de cerros forma un borde bien marcado, entre el cerro del Gachupín y el cerro del Coll, hay solamente un umbral poco marcado, pero siempre lo suficientemente alto para servir de parte-aguas entre las dos depresiones.

Si observamos desde uno de los bordes de la barranca al N. de Guadalajara, la posición que tienen las capas en las paredes de dicha barranca y la

configuración de las partes planas de la superficie, viene a la mente de que el valle de Guadalajara es la continuación de los valles de Ixtlahuacán y de Cuquío, que se prolongaban, antes de la formación de la barranca, en dirección hacia el SW. y W., encontrándose la misma configuración a este lado de la barranca hasta el pie de la Sierra de la Venta y de la Sierra de Santa Cruz.

De la parte plana de estos valles, surcada por pocas líneas profundas y por numerosas líneas superficiales de erosión, sobresalen esporádicamente elevaciones de diferente altura y de distinta génesis que interrumpen la uniformidad de estos extensos depósitos de acarreo que llenaron la antigua cuenca.

De estas elevaciones, unas son parte del relieve antiguo; otras son formaciones "postizas" debidas a la efusión de productos volcánicos y otras se han formado por movimientos tectónicos.

El Río Grande de Santiago, en el tramo representado en nuestro croquis, no corta por lo regular hasta el fondo de los depósitos acumulados en la depresión del relieve antiguo. Formaciones del antiguo relieve encontramos solamente en algunas partes, donde su curso cortó elevaciones antiguas, de las cuales algunas sobresalen hasta de la superficie de los valles modernos de arriba; mientras que otras de menor altura quedaron cubiertas por las capas de acumulaciones a cuya sucesión, arreglo y distribución nos permite estudiar este hermosísimo corte natural: la Barranca de Río Grande.

Estas elevaciones del relieve antiguo que han sido enterradas en parte por el relleno posterior hoy día en algunos lugares se presentan otra vez a la vista, debido a que la erosión las ha descubierto de nuevo. En ellas podemos estudiar las formas de la superficie del relieve antiguo y observar que la erosión anteriormente ya había obrado de manera desigual a causa de que unas deben de haber estado expuestas a su acción destructora durante largo tiempo antes que hayan sido cubiertas por los materiales del relleno, mientras que otras demuestran formas muy poco atacadas por la erosión. El hecho de que los representantes de la primera clase de elevaciones antiguas están constituídas por rocas rhyolíticas muy resistentes a los desgastes de la alteración y erosión, en tanto que el segundo grupo está formado por cerros de roca basáltica mucho menos resistente, nos lleva a la conclusión de que la formación de los cerros rhyolíticos ha terminado mucho antes que el principio del llenamiento de la depresión. En cambio la formación de los volcanes y cerros basálticos coincidió con el depósito del material del relleno. En algunos de ellos su actividad terminó antes de que la formación de dicho relleno hubiese cesado; otros focos quedaron activos mucho más tiempo. A estos últimos deben las formas "postizas" que se hallan encima del relleno del Valle de Guadalajara.

Una de las eminencias rhyolíticas del antiguo relieve que sobresalen del relleno formando cerros son, por ejemplo, la Sierra de Santa Cruz en el NW. de Guadalajara. Más inmediato a Guadalajara tenemos ejemplos en la Sierra de San Esteban y en algunas elevaciones en sus alrededores. Todas estas eminencias están constituídas por una roca rhyolítica que llama la atención por los grandes cristales de sanidino; su pasta fundamental es microgránitica y compuesta de feldespatos alcalinos y de cuarzo.

Una elevación de menor altura que ha sido cubierta casi por completo por los materiales del relleno y que hoy día está descubierta por la erosión

en un lado, es el Cerro de la Culebra. El cerro se presenta como un espolón y contrafuerte en medio de gran ensanchamiento de la Barranca del Río Grande que principia en las Animas y se prolonga río abajo hasta Pie de Cuesta.

El otro grupo de elevaciones anteriores al relleno formado por volcanes basálticos, está representado por el cerro de Maxcuala, cortado por la barranca de Río Grande, en el angosto cañón que comienza en la confluencia de la Barranca de Ibarra.

Formaciones volcánicas cuyo período de actividad perduró cuando ya el relleno de la depresión había concluído, a pesar de que su primera faz es muy anterior a él, vemos en las lomas de Tonalá y San Pedro, en los cerros del Cuatro, Santa María y Gachupín (todos ellos formando el límite meridional del valle de Guadalajara), el cerro de Copala entre el pueblo del mismo nombre y "La Escoba," al NW. de Guadalajara y el alto cerro de Higuera al NE. del otro lado de la Barranca.

En la anterior enumeración de las formas en conjunto, no hemos mencionado la Sierra de la Venta, que con su prolongación hacia el N. (cerro del Tepopote), forma una elevación que sobresale del relieve uniforme y monótono del valle de Guadalajara, al W. de la capital. Si desde un lugar elevado, como por ejemplo, de una de las torres de la catedral, se ve la Sierra de la Venta con cierto detenimiento, se observa que las elevaciones de las cuales se compone, son los restos de una sola meseta, formada por capas casi horizontales superpuestas que han sido cortadas por la erosión. Como en algunas partes las capas superiores han desaparecido a causa de la misma erosión, la sierra tiene un aspecto escalonado. Este carácter es más claro en la Sierra de San Isidro en el S., pero se continúa hacia el N., donde se puede seguir perfectamente hasta cerca de la hacienda de La Venta, situada en el fondo de una depresión que separa la sierra del mismo nombre del cerro del Tepopote.

Acercándonos a la sierra, por ejemplo, desde San Antonio del Valle, observamos que por su lado NW. se presenta como si hubiera sido cortada formando los flancos de las elevaciones de este costado un plano muy inclinado que, principiando en el cerro del Coll se prolonga hacia el NW. hasta más allá del cerro del Tepopote. Este plano parece continuarse hacia la profundidad, sumergiéndose en el relleno del valle.

La roca que forma esta parte de la sierra de La Venta, es un vidrio rhyolítico que en algunas partes, como el escalón inferior del cerro del Coll, se asemeja en su aspecto y por el poco contenido de agua, a una obsidiana, mientras que el resto se presenta en forma de una piedra pez más o menos rica en agua. Es de color gris, algunas veces de textura fluidal, quebradiza y se desmorona fácilmente. En los flancos alineados del NW. de dicha sierra está mucho más resquebrajada que en otros lugares.

Esta piedra pez forma diferentes corrientes superpuestas. En el cerro del Coll (lámina XII) han sido destruídas en gran parte por la erosión que obra con gran rapidez en esta roca fácil de alterarse, sobre todo en las partes donde han sufrido perturbaciones. De este modo el Coll, principalmente en su parte superior, se presenta como un caos de bloques que conserva aún un relieve escalonado.

En cambio, en la mesa de Mazahuate, que forma la parte más alta de la sierra de La Venta, las corrientes de piedra pez parecen estar cubiertas por

una roca menos alterable que, resistiendo a la erosión, protegió a las capas de abajo contra los efectos de la erosión. Como toda la superficie de esta mesa está cubierta por una espesa capa de tierra vegetal, no hemos podido darnos cuenta qué roca será esta capa protectora; pero en sus flancos hemos encontrado, en todas partes, la piedra pez en un estado de mejor conservación y en el lado Sur, donde pasa la vereda que nos sirvió de la bajada de la mesa al punto denominado "El Volcán" o "El Azufre" (1) hemos podido observar en hermosos cortes naturales la estructura de separación en forma de abanico de esta piedra pez. (Lámina XIII.)

Esta misma roca no la volvimos a encontrar en ningún otro punto, ni del relieve actual ni del anterior, ni aun en las formas postizas que cubren parte del relleno del valle; solamente la hallamos al hacer el perfil geológico de la barranca a una profundidad de 260 metros, contada desde su borde, es decir, a una altura de 1,280 metros sobre el nivel del mar, en un acantilado que está arriba del Vertedor de la Planta, de la Junta, cerca del camino de Oblatos a esta planta. (Lámina XIV) y también en el camino de "El Puente de Arcediano" a Ixtlahuacán del Río, en el punto llamado "Peña Prieta." En estos dos puntos esta piedra pez tiene el mismo aspecto: color gris, textura fluidal, fractura astillosa, etc., y está ligada con obsidiana de textura jaspeada y fluidal; pero se distingue de la roca de la sierra de La Venta por la circunstancia de que aquí en la barranca, las corrientes de esta roca están mucho menos quebradas y son de menor espesor, notándose desde luego su mejor conservación por la falta de carácter desmoronadizo y por tener una cantidad mayor de agua.

El cerro del Tepopote, prolongación Norte de la sierra de La Venta, no está formado por la misma roca sino por una rhyolita andesítica sin cuarzo (traquita) con hiperstena. La pasta fundamental es pilotaxítica y los fenocristales, que alcanzan tamaños de ½ centímetro y más, son de plagioclasa bastante ácido, del carácter de la microtina y de sanidino. Esta roca se asemeja en su aspecto mucho a las rhyolitas de los cerros del antiguo relieve al cual pertenecen probablemente. Encima de ella han venido a morir las corrientes de rhyolita vítrea de la que vemos restos en la sierra de La Venta. Esta antigua forma del cerro del Tepopote no está en la misma posición como las otras elevaciones del relieve antiguo del valle de Guadalajara sino que parece que tiene una posición más alta que las demás y está separada de ellas por una fractura que, como ya hemos visto, se destaca bastante bien en forma de una serie de planos inclinados con que termina la sierra hacia esa dirección.

Al pie de estos planos tenemos, además, una forma topográfica muy interesante: el "Bajío de los Pueblitos," una depresión cerrada por completo que está limitada, por un lado, por los mencionados flancos alineados del Coll y de los otros cerros hasta cerca de La Venta y por el otro lado por un borde cortado a pico que en algunas partes alcanza una altura de 60 metros

---

(1) El lugar tiene este nombre por el depósito de azufre que, formado alrededor de las "solfataras" que están en notable actividad en una de las vueltas del "Arroyo del Azufre." La temperatura llega a 93° C. y los productos son ácido sulfuroso y vapor de agua.

En nuestra corta visita a este lugar no pudimos investigar la causa de la formación de dichas solfataras, tanto más que su estudio se dificulta por estar cubiertos dichos depósitos por terrenos de acarreo.

y en otras, como término medio, 40-45 metros. En este borde se ven perfectamente que la posición de las capas más altas del relleno del valle de Guadalajara es más o menos horizontal con un ligero declive hacia el NE., es decir, hacia afuera. El suelo de este bajío debe haber sido antes más profundo, pues en él se extendieron no solamente las masas derrumbadas del borde del relleno sino también todos los materiales que acarreó la erosión de la sierra de La Venta, por conducto de dos profundos arroyos, a esta depresión. En los flancos de estos arroyos se observan restos de terrazas que rellenaron antiguas cañadas. A la prolongación de la superficie de las terrazas hacia afuera no corresponde ninguna forma actual del borde de enfrente, quedando éste más bajo que una continuación supuesta de las mencionadas terrazas.

En este bajío mueren todas las aguas que vienen de la parte correspondiente de la sierra de La Venta, resumiéndose rápidamente en el fondo de la depresión. Esto se debe, por una parte, a la completa permeabilidad del fondo del bajío, que como ya se dijo, es parte del relleno del valle de Guadalajara, cuyas capas superiores están formadas únicamente por piedra pómez o xal. Por otra parte, tenemos que suponer que precisamente en esta zona del valle de Guadalajara deben reunirse todas las aguas del subsuelo, pues como veremos más adelante, la inclinación de las corrientes rhyolíticas del relleno del valle sobre las cuales decansan las capas de xal, tienen una inclinación hacia el SW., que es precisamente la dirección en que está el bajío y donde estas capas del relleno encuentran al macizo de rhyolitas de la sierra de La Venta. Parece que esta circunstancia puede darnos la explicación de la formación del Bajío, pues es admisible pensar que estas aguas subterráneas, que en esta zona deben correr a lo largo de los estribos de dicha sierra hayan hecho su trabajo de erosión subterránea y la depresión de dicho bajío sea el resultado de los hundimientos lentos que corresponden a la substitución del material acarreado por la erosión subterránea, que precisamente en esta zona es favorecida por la existencia de la mencionada fractura.

Al otro lado de la sierra de La Venta se extiende el amplio valle de Tala, cuyo río principal, el río Salado (que nace de la sierra de La Venta) es uno de los mayores afluentes del río de Ameca. El descenso de la sierra de La Venta hacia este valle es menos abrupto y pronunciado en el terreno, y parece que los rellenos del valle de Tala se prolongan hasta el centro de la sierra de La Venta. Estos depósitos, por lo menos hasta donde los hemos visto en la sierra misma, no están formados exclusivamente por xal como las respectivas capas superiores del valle de Guadalajara, sino que llevan intercalaciones de trípoli (tizate) de un espesor muy considerable. Todos estos depósitos lacustres (?) tienen una inclinación hacia el SW., hacia el valle de Tala, lo que indica también que, después de su formación, ha habido movimientos tectónicos en esta misma sierra. (1)

Si como hemos dicho, no se nota en este lado de la sierra una forma muy pronunciada del relieve que nos indique una fractura sobresaliente, como lo advertimos al costado NE. de ella, en cambio, una serie de manantiales de

(1) Nuestro colega y amigo el señor Enrique Díaz Lozano ha tenido la bondad de estudiar este trípoli, en que encontró como géneros principales de diatomeas, los siguientes: *Cocconeis lineata. Cocconema Lanceolatum Ehrb. Amphora ovalis Kz.* (?) *Ephitemia Argus. Navícula* (Pinnularia) *major Kz. Navícula Oblonga Kz. Navícula* (Stauroneis) *phoenicenteron Ehrb.* y *Espículas de esponjas de agua dulce.*

aguas termales en terrenos de la hacienda de La Venta ya casi al pie o a medio flanco de la parte NW. de la sierra nos indica la existencia de una discontinuidad. Allá, en la zona donde nacen los pequeños arroyuelos que son afluentes de un arroyo que la gente toma como el principio del río Salado, arriba mencionado, dándole este nombre al arroyo, nos hemos encontrado con tres yacimientos de aguas termales (1) que parecen estar situados sobre una línea que tiene una dirección aproximada N. 40° W. y que coincide con la dirección de la cañada pequeña en que corre el Río Salado en su parte superior. En los flancos de esta cañada se observa una diferencia muy marcada, no solamente respecto al relieve sino a las rocas que la componen, las que, por un lado, son los materiales de acarreo del relleno del valle de Tala, en cuya base aparece una brecha rhyolítica bastante endurecida y atravesada por diaclasas; por el otro, estos depósitos faltan completamente y en su lugar tenemos lomeríos alineados formados por una rhyolita en la que abunda la obsidiana.

Alejado de la línea termal anterior existe otro material: "El Agua Caliente Chica" que nace en la rhyolita de la loma en la que abundan los afloramientos de la obsidiana, al W. de la línea antes mencionada. Aquí no se observa ninguna indicación de una fractura ni en la rhyolita misma ni en el relieve de esta parte de la loma. En cambio, parece seguir el Río Salado a una línea tectónica que está marcada, no solamente por la circunstancia de encontrarse acompañada de la línea termal arriba mencionada sino también por las diferencias que existen entre las rocas de ambos lados.

Todo esto indica que la sierra de La Venta es la parte más alta de un bloque alargado y estrecho que ha quedado en su posición levantada, mientras que la parte que se extiende a lo largo de su pie NE. se ha hundido considerablemente y en menor escala la parte SW. La separación de los bloques se ha efectuado a lo largo de varias fracturas a uno y otro lado del bloque de La Venta, entre las cuales la del Río Salado está marcada con la línea termal. La fractura o las fracturas al otro lado del bloque no se hacen notables por haber quedado enterradas debajo de los depósitos del relleno del valle de Guadalajara y solamente una, la principal, se hace perceptible en la superficie, como ya dijimos, por el alineamiento en los flancos de este lado de la sierra de La Venta y por la depresión alargada del "Bajío," situada al pie del plano inclinado de los flancos.

Para dar una idea de la magnitud del salto que debe haber habido a lo largo de estas fracturas, al lado NW. del bloque de La Venta, necesitamos describir, con más detalles, unos perfiles levantados en la barranca de Río Grande y dar más datos acerca de este grandioso corte natural.

---

(1) Dos de estos manantiales son conocidos con los nombres de "Agua Caliente Grande" y "Agua Brava," de los cuales, el primero nace en el fondo de los principales afluentes del Río Salado que corta aquí a la brecha rhyolítica en la que ha formado una especie de cañón. Los manantiales nacen de las diaclasas de esta brecha y tienen una temperatura de 67° C. Los manantiales del Agua Brava nacen en el rincón donde tiene su origen un arroyo de curso muy corto y empinado que va a dar directamente al Río Salado. Las aguas de estos manantiales, más abundantes que los anteriores, tienen una temperatura de 68° C., hasta 69° C. y han depositado y depositan sobre los bloques del fondo y en las paredes del arroyo grandes cantidades de "geyserita" en sus formas típicas concrecionales de confites.

El observador que por la primera vez pasa sus ojos desde el Salón de Oblatos sobre las paredes cortadas a pico de este profundo cañón, cree poder notar cierta uniformidad y quietud en la posición de las capas que afloran en las laderas de la barranca. El geólogo que estudia con más detenimiento los perfiles que le proporciona la barranca en varias partes de su largo trayecto, nota precisamente lo contrario, es decir, viene el reconocimiento del cambio continuo que se hace notable de paso en paso, en estos depósitos, respecto a la naturaleza de las rocas que forman las capas y respecto al arreglo de ellas en el sentido vertical y horizontal. En Oblatos hemos levantado un perfil desde el borde de la barranca hasta la planta de La Junta. Este levantamiento fué hecho con los detalles que se pudieron recoger en un medio día, único tiempo de que dispusimos para hacer este trabajo, y están consignados en las siguientes líneas.

En el fondo de la barranca encontramos una roca de color gris verdoso obscuro que en algunas partes demuestra una separación en lajas, algunas veces distribuídas en forma de abanico, y que tiende a una alteración rápida y profunda. La roca ocupa el fondo de la barranca y se encuentra hasta una altura de 150 metros arriba del lecho del río. A la simple vista la roca tiene una estructura fluidal poco marcada, cambiando partes porosas con partes compactas. A la simple vista la roca no tiene estructura porfírica y solamente con la ayuda de la lente se distinguen algunos cristales pequeños de un mineral rojizo obscuro que parece olivino alterado. Los poros están revestidos de una substancia de color gris sucio que no presenta formas cristalinas. Al microscopio se revela como un basalto de plagioclasa, compacto, con pocos fenocristales de plagioclasa, augita y de olivino y con una pasta fundamental formada por plagioclasas aciculares, fragmentos de augita y poca magnetita, todos los últimos de un grano sumamente pequeño.

A la altura de 150 metros sobre el fondo, es decir, a una altura de 1,200 metros sobre el nivel del mar, la pendiente de la ladera de la barranca disminuye y se forma una especie de escalón inclinado que está cubierto con los bloques y materiales derrumbados de arriba, lo que impide la observación de la roca in situ. Es notable que la mayor parte de estos bloques sean fragmentos de una rhyolita vítrea y como esta roca no aflora en las partes superiores de nuestro perfil, donde las condiciones del terreno, limpio de escombros, permiten ver hasta las capas de menor espesor, tenemos que concluir que estos bloques son autóctonos.

La roca en cuestión es de un color gris, con lustre de vidrio; contiene cristales de feldespato blanco, no estriado, es sumamente quebradizo y puesto al soplete decrepita inflándose. Al microscopio la masa de esta roca es un vidrio de estructura como la de la retinita, sin color y completamente transparente, en el que nadan cristales de sanidino y de vez en cuando una piroxena rómbica, cuyo dicroismo ligero la caracteriza como hyperstena. Todos estos caracteres coinciden con la de la piedra pez que hemos observado en la sierra de Coll, donde alcanza mayor espesor y está a mayor altura. Las dos rocas no solamente tienen los mismos caracteres petrográficos sino hasta presentan la misma forma de relieve en el terreno, dando lugar a la formación de lo que hemos llamado, hablando del Coll, caos de bloques.

Esta capa alcanza, cuando mucho, un espesor de 160 metros y lleva en su parte superior inclusiones de cintas (Schlieren) de obsidiana de textura fluidal y de una brecha de obsidiana, notables las primeras por los grandes

pliegues que resaltan al alterarse la roca (véase lámina XIV). Junto con esta obsidiana observaríamos una rhyolita felsítica (con impregnaciones de hyalita) que parece formar la parte superior de estas corrientes de rocas rhyolíticas. Esta rhyolita felsítica es más resistente contra la alteración que la piedra pez, y por lo tanto, se destaca en el terreno por un talud más empinado que el de la piedra pez.

Encima de esta rhyolita encontramos una corriente basáltica que tendrá unos 10 metros de espesor. La roca es de un color negro verdoso, compacta, de grano muy fino y contiene además de unos pocos fenocristales de plagioclasa y de *olivino,* núcleos de este último mineral. La estructura microscópica de la pasta fundamental, compuesta de varillas de plagioclasa y fragmentos de augita, es alotriomórfica granuda. Los fenocristales de plagioclasa son del tipo de la microtina.

Sobre esta corriente se halla una capa de una toba brechoide de material volcánico, de color amarillento, que sobre todo en sus partes inferiores, está cargada de pedazos de kaolín. Esta toba, no estratificada, tiene un espesor de tres a cuatro metros y va transformándose en otra, en la que faltan los pedazos de kaolín, mientras que en su lugar aparecen pedazos de obsidiana, de piedra pez retinítica y de basalto. Esta capa vagamente estratificada tiene un espesor de dos metros aproximadamente.

Encima de ella yacen dos capas de vidrio rhyolítico, de las cuales la de abajo, de espesor de 0.15 metros, es del color y lustre de la obsidiana, pero tiene una estructura fluidal, en sentido horizontal, muy marcada, a causa de un sinnúmero de cintas muy delgadas de color rojo que la distinguen de una obsidiana común y corriente.

Entre esta capa y la superior se intercala una capa de tobas silicificadas que tiene solamente un espesor de 0.02 metros. En la capa de arriba tenemos el mismo vidrio como en la capa inferior, pero en tanto que en aquella predominaron las cintas negras de obsidiana, éstas se desvanecen aquí por su poca cantidad, en el vidrio rojo que le da el color a esta capa. Por el color y por la forma de dicha capa, que tiene un metro más o menos de espesor, se destaca muy bien en el relieve a largas distancias por el contraste que ofrece con las capas más claras de las tobas de abajo y la capa gruesa del basalto de encima.

La base del basalto es como muchas veces sucede, escoriosa, lo mismo que su superficie, estando el centro de esta corriente, que tiene unos 12 metros de espesor, muy compacto. El color de la roca es el mismo negro verdoso que el de la corriente de abajo y se distingue de ella solamente por el mayor número de fenocristales prismáticos pequeños de plagioclasa que brillan en toda la roca y que sobresalen junto con los olivinos en la lámina delgada. La pasta fundamental, de estructura alotriomórfica granuda, se compone de plagioclasas, augitas y olivinos en mayor cantidad que en el basalto inferior. Llama la atención que en la lámina se vea que el basalto de abajo sea más fresco que el de arriba, teniendo éste carbonatos como productos de descomposición de los feldespatos.

Sobre este tercer basalto, que marca una especie de escalón, principia una serie de tobas rhyolíticas de colores variados (consúltese la lámina XV) desde el blanco, pasando por el rosa pálido, hasta el rojo pardo amarillento. Estas tobas están formadas por capas de diferente dureza (lámina XVIII), pero siempre son más blandas que el basalto. La diferencia de dureza ha dado

origen a la formación del segundo escalón y como estas tobas son poco permeables (por el contenido de kaolín que tienen) encontramos en esta mesa, que se puede seguir hasta cierta distancia por la ladera de la barranca, huertas con abundantes árboles frutales y terrenos cultivados. En su parte inferior estas tobas son bastante ricas en piedra pómez que desaparece en las capas de más arriba. La superficie de estas tobas está cubierta por los escombros del basalto del tercer escalón, que debe principiar a una altura de 1,450 metros aproximadamente.

Este último escalón está formado por la corriente de un basalto de una estructura especialmente interesante. Grandes cristales de plagioclasa muy clara, transparente y bien formada, y cristales grandes pero menos frecuentes de un olivino de color pardo rojizo, dan a la roca un carácter francamente porfírico. La pasta fundamental es compacta y de un color negro verdoso. La roca no está alterada y es, por lo tanto, muy dura y de un peso específico notable. Al microscopio se observa que la pasta fundamental tiene una estructura alotrimórfica granuda, de un carácter dolerítico y que es de un grano más grueso que la de los otros basaltos inferiores. Se compone de plagioclasas augitas, olivinos y magnetita, entre los cuales nadan grandes cristales de paglioclasa del tipo de la microtina y de una composición (Ab_{30} An_{70}), es decir, de una labradorita básica. Además, hay granos grandes de olivino que están algo alterados marginalmente. El espesor de esta última corriente basáltica es de 60 metros y es ella la qué en unión con la corriente de rhyolita brechoide encima, forma aquí la ceja de la barranca.

Esta última roca, la rhyolita brechoide, que tanto material ha dado para las construcciones de la ciudad de Guadalajara, tiene cierta semejanza en su aspecto con las dos corrientes de la obsidiana, eutaxítica, sobre todo con la de color negro de abajo que hemos anotado en el segundo escalón del perfil, entre las dos corrientes basálticas.

Pero esta roca contiene muchos fragmentos arredondados de otras rocas y presenta con menos claridad lo jaspeado, en sentido horizontal, a pesar de que la estructura fluidal, dada por cintas de un color pardo, está bien clara.

El color negro de la obsidiana y su lustre vítreo se ha alterado algo a causa de una devitrificación que se observa, en general, en esta roca. El microscopio revela una pasta fundamental de un vidrio pardo, de estructura fluidal con fenocristales de feldespatos, que en la mayoría, son sanidino y con granos de una piroxena rómbica que parece hyperstena. Además, lleva inclusiones de pedazos de piedra pómez y fragmentos de la roca basáltica de su base. El espesor de esta corriente, que demuestra cierta separación en grandes bancos, es de unos cuarenta metros.

La sucesión de las capas que hemos anotado en este perfil, cambia rápidamente río arriba y río abajo, sobre todo respecto a las capas inferiores. Claramente se ve esto en la fotografía (lámina XVI) que nos enseña la parte de la barranca donde se reunen los dos cañones, el del Río Grande por la derecha, y el del Río Verde de la izquierda. Al lado derecho de esta fotografía se ve el segundo escalón formado por unas capas de tobas blancas, perfectamente estratificadas y cubiertas por una corriente basáltica que sirve de base para las tobas estratificadas de la mesa sobre la cual se levanta el tercero y último escalón con acantilados más o menos marcados.

La serie de capas superiores se puede seguir en la fotografía desde la

margen derecha hasta el fondo donde este lado de la barranca desaparece detrás del espolón que separa las dos barrancas y en este espolón y en el lado izquierdo de la fotografía todavía se destacan las capas horizontales de las tobas blancas, la mesa y el escalón superior. En cambio, las capas de abajo sufren cambios frecuentes y de importancia como también lo demuestra nuestra fotografía a cuyo lado derecho en un acantilado del segundo espolón se observan todavía el basalto inferior del segundo escalón medio, mientras que en el margen de la fotografía en su lugar se presenta una corriente rhyolítica a la cual vienen a dar las capas de tobas blancas que aparecen en esta parte de la barranca debajo del basalto inferior del segundo escalón, en lugar de las corrientes de piedra pez, obsidiana y rhyolita vítrea del perfil de Oblatos.

En la lámina XVII que es la prolongación del lado derecho de la anterior, vemos que río abajo esta rhyolita lentamente sigue con más espesor y paso a paso, conforme con este ensanchamiento, disminuye el grueso de las capas del segundo escalón hasta que en el margen derecho de la fotografía está reemplazada completamente por la corriente rhyolítica que tiene su espesor máximo cerca de la hacienda de Ibarra. (Lámina XVIII.)

Una "facies" de una corriente rhyolítica semejante observamos río arriba en la fotografía panorámica (lámina XVI) en el punto donde la barranca, por la vuelta que allá principia, desaparece detrás del espolón que la separa de la del Río Verde. También aquí se ajustan las capas de las tobas del segundo escalón al relieve levantado de esta corriente rhyolítica, que forma allá un acantilado de la altura de dos terceras partes de la barranca.

Encima de esta corriente rhyolítica siguen las capas de tobas que forman la mesa del segundo escalón y existe allá una barranca que nos permite aclarar la sucesión de estas tobas. En esta, la Barranca de los Laureles que es muy conocida por los famosos baños de aguas calientes (Baños de San Gaspar o de Oblatos), a los cuales se les atribuyen importantes virtudes curativas.

En este punto pudimos observar el siguiente perfil:

5 Corriente de rhyolita brechoide, devitrificada de Oblatos.

4 Basalto de fenocristales grandes de feldespato y olivino con zeolitas.

3 Tobas de colores claros, estratificadas.

2 Corriente de una rhyolita brechoide vítrea parecida a 5.

1 Tobas de color gris azulado, que cambian en rojo cerca del contacto, (1) y esta serie descansa sobre la corriente rhyolítica mencionada que en este lugar alcanza su mayor espesor.

El lugar de donde está tomada la vista panorámica XVI de la barranca y la continuación de ella (lámina XVII) se encuentra al lado del camino, que del Puente de Arcediano sube hacia la hacienda de Maxcuala al borde derecho de la barranca. También el perfil que se observa en este camino difiere del que anotamos de Oblatos, sobre todo en la parte inferior; mientras que la porción superior no se distingue grandemente, lo mismo como pudimos decir de los otros perfiles de esta parte de la barranca. En la parte inferior observamos aquí la corriente de la rhyolita fluidal (que es la continuación de la del otro lado de la barranca) formando el bajo de una serie de tobas rhyo-

(1) Las aguas termales nacen entre la rhyolita 2 y las tobas arcillosas 1. Su temperatura es de 38-42° teniendo los veneros que salen más arriba, de diaclasas en la rhyolita, la temperatura más alta.

líticas arriba y de corrientes de piedra pez y obsidiana (en Peña Prieta), (1) de abajo, serie que corresponde a la anotada en el perfil de Oblatos entre el escalón inferior y de enmedio.

Un perfil análogo a la parte superior resulta en que pudimos estudiar superficialmente en el corte de la Barranca de Ibarra. El de la parte inferior es completamente diferente y más complicado de lo que hemos observado en los perfiles anteriores.

En esta zona falta la corriente de la rhyolita brechoide vítrea de Oblatos que parece que no se ha extendido hasta aquí, y los depósitos de xal del valle de Guadalajara descansan en esta región (Huentitán, Batán, Fábrica de Experiencias) directamente sobre la corriente del basalto con los grandes fenocristales de olivino y de plagioclasa, labrador de la combinación $Ab_{30}An_{70}$ (y más básica) aproximadamente, siendo aquí el espesor de la corriente menor que el del basalto superior del escalón de Oblatos, cuya continuación representa, formando también aquí en el río de San Juan y en el de Batán, un escalón bien formado.

Debajo de este basalto hay una serie de capas de tobas estratificadas cuyo color por lo regular, es claro, habiendo adquirido la superior un color rojo por el contacto con el basalto encima. Estas tobas yacen sobre una corriente de la rhyolita vítrea brechoide que, igual como en la Barranca de los Laureles, forma una intercalación en la serie de tobas y que lo mismo que en los perfiles anteriores, da lugar al desarrollo de la parte menos abrupta del relieve de las barrancas entre el escalón medio y el superior, de los que el primero se compone de las dos corrientes basálticas con sus intercalaciones de toba rhyolítica y rhyolita vítrea. Toda esta serie aparece en la misma forma en la Barranca de Piedras Negras, como se llama la continuación de las dos barrancas del río de San Juan y de Batán unidas.

El camino que va de Guadalajara a la hacienda de Ibarra, situada en el fondo de la barranca del Río Grande donde se le une la de las Piedras Negras, que en su porción inferior está conocida bajo el nombre de Barranca de Ibarra, rodea la parte superior de esta última y entrando del lado de Huentitán baja por la ladera derecha de dicha barranca y ya cerca del fondo sigue faldeando por este mismo lado para entrar a la falda izquierda de la Barranca Grande sobre la cual se baja a la hacienda. La parte menos abrupta de la ceja que aprovecha el camino para principiar la bajada a la barranca de Ibarra o de Piedras Negras, ganando aquí la parte menos empinada de la ladera abajo de la ceja, corresponde a una fractura antigua que atraviesa en este lugar el relleno del valle en dirección EW. aproximadamente. El trazo de esta fractura se observa en la ladera opuesta de la barranca donde una zona con grandes y tupidos árboles paralela a la tubería de la planta eléctrica se extiende desde el borde de la barranca hasta su fondo y marca un cambio en la posición de las capas, sobre todo respecto a la de la corriente rhyolítica cuyos acantilados a la derecha (al Norte) de la zona mencionada (véase lámina XIX), están más bajos que su continuación al S.; de lo que resulta que la parte norte se ha hundido. Las observaciones que pudimos hacer al lado derecho de la barranca en el camino de Huentitán a la hacienda de Ibarra, confirman esta idea y nos indican que esta fractura no es reciente sino anterior, no solamente a la formación de la barranca del Río Grande y de la efusión de la rhyolita

(1) Aquí en la Peña Prieta la superficie de la corriente rhyolítica está formada por una capa llena de esferulitas.

brechoide de Oblatos, lo que se desprende del hecho de que esta rhyolita brechoide se derramó en la depresión al N. de la fractura pero no se extendió, como ya dijimos antes, sobre la parte al S. de ella, donde el axal descansa directamente sobre el basalto porfírico.

El perfil que anotamos en la bajada a la barranca contiene las siguientes rocas:

Parte superior:

Rhyolita vítrea brechoide de Oblatos.
Tobas rhyolíticas.
Basalto con fenocristales de plagioclasa y olivino.

Barrancas de Batán y Piedras Negras:

Tobas rhyolíticas.
Rhyolita vítrea fluidal.
Tobas rhyolíticas.
Dos corrientes basálticas.

Parte inferior de la Barranca de Ibarra.

(Andesita.)
(Corrientes basálticas.)
Tobas rhyolíticas.
Rhyolita esferulítica y felsítica.
Basalto.

Entre estas capas llaman nuestra atención, sobre todo, las inferiores de la Barranca de Ibarra.

En primer lugar, nos sorprende la aparición de una roca andesítica en este perfil, pues en toda la región no observamos esta clase de rocas. Es de sentirse que la posición geológica de esta andesita no sea bien clara, a causa de los escombros que la cubre casi completamente.

El carácter microscópico de esta roca es el de una porfirita con fenocristales de plagioclasa labrador, por lo regular, no muy básico y con una pasta fundamental holocristalina alotriomófica compuesta de plagioclasas, augitas, magnetita y hematita y estos se agregan a otra muestra más porfírica, fenocristales de augita y de hiperstena con abrigos de augita. Queda pues, para resolver si esta andesita de hiperstena y augita es una intrusión local que tiene cierta relación con otras fracturas probables (1) o si es una facies especial de una corriente de basalto, que en este punto deberíamos esperar en el perfil o si es, por fin, una corriente que pertenece al macizo del cerro de Maxcuala del cual tenemos que hablar más adelante.

Las corrientes basálticas que anotamos en el corte debajo de la andesita se observan al otro lado de la barranca donde se ve que dos de ellas, que se extendieron encima de las tobas rhyolíticas, las aplastaron a éstas y las comprimieron fuertemente, lo que se ve con toda claridad en la lámina XVII. Encima de estas dos corrientes, en el hueco que quedó entre sus márgenes, corrió otra corriente posterior (las corrientes más altas pertenecen a la corriente rhyolítica brechoide que forma la intercalación en las tobas, debajo del basalto porfiroide) que no es visible en la fotografía.

---

(1) En el fondo de la Barranca de Ibarra, en la parte donde se han formado varios saltos de agua de un caudal bastante grande, de una altura regular y de un aspecto verdaderamente pintoresco, se observan diferentes irregularidades en las capas y corrientes de lava producidas probablemente por otras tantas fracturas que, al parecer, están marcadas además por una serie de manantiales constantes y caudalosos.

En la base de estas tobas inferiores se halla otra corriente rhyolítica que se distingue de las anteriores por la rareza con que se encuentran en ella fenocristales, por el aspecto felsítico y eutaxítico y por la impregnación con hyalita. Esta roca en parte ha sufrido una alteración y descomposición, lo que explica que el camino donde pasa por ella en la ladera muy empinada arriba de la hacienda de Ibarra, se ha derrumbado a causa de los temblores. Precisamente en esta ladera la rhyolita lleva bonitas esferulitas, aunque no en gran número.

La roca, por fin, que se encuentra en el fondo de la barranca del Río Grande de Santiago, cerca de la hacienda de Ibarra, tiene cierta semejanza con la que describimos de la planta de La Junta, abajo de Oblatos, sin que se pueda identificarla con ella completamente. La estructura de esta roca basáltica es más compacta que la de la roca aludida, su color es más obscuro y le falta la textura fluidal. El microscopio nos revela la estructura dolerítica de un basalto de plagioclasa de grano grueso en que al lado de los pequeños granos de augita también se observan pequeños cristales de hiperstena. Unos cristales transformados en agregados verdosos poco transparentes (de carbonatos (1) con limonita) que por sus contornos y su estructura parecen ser una metamorfosis según olivino, del cual no se han conservado ni huellas.

El descenso de la barranca tributaria de Ibarra es, como queda anotado arriba, bastante fuerte. En ella se observan varios saltos de importancia, de los cuales los superiores corresponden a la erosión de las capas horizontales duras de basalto y rhyolita más altos, y los inferiores a fracturas probables que cruzan la barranca perpendicularmente. La parte inferior de la barranca es angosta y de declive muy rápido, que nos demuestra que la barranca tributaria apenas ha podido seguir en su erosión a la de la barranca grande del río de Santiago.

Esta barranca principal, río abajo de Ibarra, entra en terreno que es diferente al que hemos conocido hasta aquí. En nuestra excursión en este tramo no hemos seguido el curso del río por espacio de unos cinco kilómetros sino desde Guadalajara nos fuimos a la hacienda de Lazo por el camino directo. De esta manera levantamos otro perfil nuevo de los paredones de la barranca y tuvimos oportunidad de estudiar el conjunto de una de las formaciones más interesantes que se nos revelan en el corte grandioso de la barranca.

El camino de Guadalajara a la hacienda de Lazo, saliendo de Atemajac, atraviesa la depresión poco profunda que se extiende al Norte del mencionado pueblo entre éste y la prolongación oriental de la Mesa de San Isidro. Esta depresión corresponde, por lo menos en parte, a la fractura que observamos en la barranca de Ibarra y que está marcada aquí por la apariencia del basalto con los fenocristales grandes de plagioclasa que forma la supercie de la parte al N. de la fractura. En cambio, en la zona al S. de la fractura supuesta, el camino de Guadalajara no corta otra capa que los depósitos de xal. El camino atraviesa la faja de este basalto, perpendicularmente a su dirección alargada EW., para llegar al pie de la subida a la Mesa de San Isidro (prolongación de ella hacia el E.), que está formada por corrientes de rhyolita

(1) En esta roca basáltica del fondo de la Barranca del Río Grande, detrás de la hacienda del mismo nombre, la gente ha encontrado una veta de caliza que, si aun no puede abastecer la hacienda para sus construcciones, siempre proporciona a los habitantes bastante cal para uso doméstico.

que por el lado S. están cortadas por la fractura septentrional de la faja. Esta rhyolita, de una estructura fluidal muy marcada, contiene obsidiana y se presenta en forma de bancos más o menos inclinados, que constituyen el borde más alto de la barranca (del Río Grande). La parte superior de la bajada siguiente se efectúa en esta rhyolita, que con sus corrientes inferiores llenas de esferulitas de tamaños desde el de la cabeza de un alfiler hasta el de un puño o de la cabeza de un niño, forma un escalón acantilado de cuyo borde alto se tiene una vista hermosísima e instructiva, sobre el profundo corte de esta parte de la barranca.

En primer término, llama nuestra atención la estructura interior de aquella eminencia insignificante que sobresale como una cúpula poco elevada, al otro lado de la barranca, elevación que se conoce bajo los nombres de Cerro de las Bolas, Cerro Mexicano o Cerro de Maxcuala, entre los cuales hemos anotado el último. En este Cerro de Maxcuala se asoma la cima de un enorme volcán que está tapado casi completamente por los materiales de relleno del valle. La lámina XX nos da una idea bastante clara de lo que revela el corte natural de la barranca que pasa por enmedio de este cerro. Del punto más alto del borde opuesto de la barranca, que se encuentra en la fotografía cerca del margen derecho, se habían derramado una serie continua de corrientes que formaron alrededor del centro de la erupción un casquete enorme que hoy día está cortado aproximadamente por la mitad, por la barranca. Bien claro se destacan los acantilados del casquete que desde el punto más alto a la derecha se extienden, al principio con inclinación, hacia el centro del panorama donde toman un declive más fuerte para terminar cerca del margen izquierdo de la vista, arriba del río. Los escombros que acompañan a estos acantilados en su pie, por desgracia cubren toda la parte debajo del casquete, por lo menos a este lado del río. Abajo de la parte horizontal y alta de las peñas del casquete, estos escombros forman una especie de mesa inclinada cuyo borde bajo corresponde en altura, más o menos a las elevaciones a este lado del río.

En la parte más alta y a la derecha de la fotografía, la banda de acantilados se esconde detrás de un contrafuerte que parece ser el resto del relleno de la chimenea de este volcán, que ha sido descubierto por la erosión. Mientras que la porción Norte del casquete se conserva bien debajo de la cubierta del relleno, la parte Sur, en donde la erosión probablemente encontró un punto de ataque anteriormente debilitado, ha sido destruída casi por completo. Al lado izquierdo del río se levanta una sierra pequeña formada por escombros de basalto andesíticos que tienen una pendiente sumamente abrupta hacia el río en el Norte y se pegan con declive suave a los acantilados superiores de este lado de la barranca, dejando entre sí un valle pequeño que hoy día, por el derrumbe de una parte de dichos acantilados, es una depresión cerrada, en que en la estación de las aguas se estanca el agua, por lo que se llama el punto "La Laguna." Los escombros de esta sierra pequeña de La Laguna parecen ser los restos de un derrumbe grande que en tiempos remotos vino a obstruir por algún tiempo el paso de la barranca cuyo curso anterior se encuentra debajo de los materiales fragmentarios de esta sierra. El río, al haber cortado allá el casquete duro del volcán, entró a las capas menos resistentes de su bajo, donde produjo grandes excavaciones que al fin no se pudieron sostener y se derrumbaron. Entonces el río, arriba de esta cortina transformado en lago, buscó un nuevo lecho, que al princi-

pio siguió la depresión al pie de la pared izquierda, cambiándose el curso más tarde hacia el Norte donde rodea el núcleo que llena la chimenea y corta hoy día los terrenos que en tiempos anteriores se habían formado en el rincón detrás del contrafuerte de la chimenea.

En la bajada a la hacienda de Lazo atravesamos, por lo menos, parte del casquete del volcán que está formado por capas basálticas.

Nuestro camino, después de haber bajado por la rhyolita con las esfedulitas, entra en las tobas rhyolíticas de colores blancos, perfectamente estratificadas, que se depositan en discordancia sobre la pendiente del basalto andesítico del casquete. (1) Este basalto es sumamente coherente y duro, pesado, de color negro, de lustre grasoso y lleva manchas amarillentas que algunas veces parecen ser feldespatos alterados, en otras, productos de una infiltración que llenó los poros de la roca, que en cambio, en lo general, es muy compacta. Al microscopio se ve que la roca se compone de feldespatos de la composición de una plagioclasa labradorita básica (aproximadamente $Ab_{40}An_{60}$), de hiperstena y de augita, formando esta última, por una parte, abrigos sobre la hiperstena; por otra, una especie de segunda generación de cristales. Una pequeña cantidad de vidrio turbio llena los últimos intersticios entre los cristales. La estructura de la roca es ofítica. En los poros, poco abundantes se observan agregados de un mineral amarillo que se asemeja a la delessita. Sin embargo de que falta olivino en esta lámina, la roca debe ser clasificada como un basalto andesítico de plagioclasa, que a pesar de estar bastante básico tiene cierta semejanza con la andesita que anotamos arriba en la barranca de Ibarra.

Esta roca intermediaria entre basalto y andesita forma una de las capas superiores del casquete. Una corriente de su base aflora en el fondo del río entre la hacienda de Lazo y la Cuadrilla del Puentillo, donde antes de llegar al lugar mencionado el camino que viene de la hacienda pasa al pie de unos acantilados, (láminas XXII y XXIII) y al lado izquierdo del río, observándose aquí el perfil siguiente:

70-80 m. Basalto andesítico superior del casquete.
15 m. Tobas y brechas de colores claros.
4-5 m. Tobas rojas, finamente estratificadas.
10-15 m. Andesítico. Basalto inferior del casquete.
Escorioso.
Compacto.
Con zeolitas.
Escorioso.
Compacto,
Con zeolitas.

Este basalto andesítico inferior se asemeja microscópicamente al anterior, es algo más granudo y le faltan las manchas amarillas. Microscópicamente es de grano más grueso y se compone solamente de feldespatos, de augita (en una sola generación), del mineral parecido a la delessita y de

(1) La posición discordante de estas tobas y de una corriente rhyolítica, sobre el declive del casquete se muestra en la cláusula XXI, que representa La Laguna y los acantilados arriba de ella, de los cuales el de la izquierda pertenece a la corriente inclinada del casquete y el de la derecha a la corriente rhyolítica.

poco vidrio. Las plagioclasas también son de la composición de un labrador básico, $Ab_{40}An_{50}$, aproximadamente y se presenta en prismas alargados más idiomórficos, por lo regular, que la piroxena monoclínica cuyo color gris violado, dicroismo ligero y dispersión mayor del eje B, la caracteriza como una augita propiamente dicha. Diseminados por toda la roca se encuentran esqueletos de magnetita o ilmenita. La estructura es claramente intersertal-ofítica.

Estas capas de basalto de la base de las rocas del casquete llevan, como vemos en el perfil antes enumerado, zonas o cintas ricas en zeolitas que llenan con sus substancias blanquísimas los poros grandes de esta roca obscura. Nuestro colega el señor doctor Wittich ha tenido la bondad de clasificar los revestimientos zeolíticos de este basalto amigdaloide y ha encontrado los siguientes:

Minerales: calcita, natrolita y probablemente también phillipsita, chavacita analcima.

Como dijimos antes, la parte abajo del casquete está cubierta por escombros y por lo tanto, no nos hemos podido dar cuenta de lo que forma el núcleo del volcán. En cambio, queda algo visible el relleno en el cual, si aun está también entremezclado con escombros, hemos encontrado rocas que a primera vista se ve que están mucho más ricas en sílice que el basalto del casquete. Algunas de estas rocas de cerca de la chimenea, tienen una textura macroscópica igual a la que es tan característica para nuestras labradoritas, solamente que el color es más claro. Esta estructura se podía nombrar imperfectamente hojosa, asemejándose algunas veces a una estratificación no muy clara e imperfecta, otras veces a una textura fluidal. Además, es la roca bastante porosa y en los poros se encuentran plaquitas exagonales de tridymita en abundancia, calcita y zeolitas en formas de drusas y de agujas muy finas que según el doctor E. Wittich parecen las unas a heulandita o estilbita y natrolita las otras. Otros ejemplares de estas rocas se asemejan en su aspecto macroscópico más bien al basalto que describimos del fondo de la barranca de Oblatos, cerca de la planta eléctrica de La Junta. Estos tienen un color gris é innumerables puntos blancos sobresalen de un fondo de color gris verdoso u obscuro. Fenocristales no se observan ni en el uno ni en el otro tipo de esta roca.

También al microscopio estas rocas tienen cierta semejanza con la roca de la planta de La Junta. La estructura es hipidiomórfica; los fenocristales son sumamente raros y están formados por fragmentos de unas plagioclasas del tipo de la microtina y de piroxena. El olivino falta por completo entre ellos. La piroxena está algunas veces muy alterada y parece en este caso haber sido una piroxena rómbica; piroxena fresca es una augita clara de una extensión máxima de 43°, sin dispersión de bisectrices. De vez en cuando se encuentra una biotita fragmentaria. La pasta fundamental está formada por varillas pequeñas de augita con muy pocos cristales de plagioclasas y una gran cantidad de una pasta fundamental turbia y criptocristalizada. Todo el carácter de la roca es el de un basalto andesítico sin olivino. Las rocas están impregnadas con carbonatos que llenan sus poros pequeños completamente y revisten las paredes de los grandes poros en unión con zeolitas y un mineral parecido a la delessita. Más claramente andesítico es todavía otro tipo de color rojizo terroso con manchas blancas de feldespatos alterados, que al microscopio resultan ser una andesita, de augita y con una pasta fun-

damental afanítica porosa, cuyos poros están rellenados con substancias zeolíticas y otras parecidas a la delessita. El relleno de la chimenea contiene, además del basalto andesítico en forma de inyecciones, brechas sumamente duras compuestas de fragmentos de la misma roca cimentada por substancias silizosas infiltradas.

La roca de la capa superior del casquete que forma la cima del cerro de Maxcuala es un basalto de plagioclasa con olivino e hiperstena. Esta roca lleva poros de diámetros hasta de 3 centímetros y más, pero por lo regular son de menor tamaño sin llegar a ser muy pequeños; algunas veces están revestidos de zeolitas blancas de otra clase que las de la base de estas corrientes. La masa de la roca es compacta, negra lustrosa. Al microscopio se ve una estructura dolerítica formada por feldespato predominante, olivino e hiperstena como fenocristales, con poca pasta fundamental compuesta de plagioclasas, augitas, óxido de fierro y poco vidrio. Las plagioclasas fenocristales tienen combinaciones de labradoristas básicas hasta bytownitas ($Al_{45}An_{55}$ $Ab_{25}An_{75}$) con zonas periféricas más ácidas. El olivino está corroído superficialmente e infiltrado de hidróxidos de fierro. La hiperstena es bastante idiomórfica y algunas veces rodeada en la zona prismática por augita. Los feldespatos de la pasta fundamental son mucho más ácidos que los fenocristales. La hiperstena está reemplazada por la augita.

En otra muestra, los fenocristales de plagioclasa, olivino y sobre todo de hiperstena, pierden de importancia y en su lugar aumenta la cantidad de la pasta fundamental que tiene la misma composición mineralógica que la de la muestra anterior.

Las capas superiores del casquete de este volcán del cerro de Maxcuala llegan enfrente de la hacienda de Lazo en el lado derecho del río, hasta el fondo de la barranca y están cortadas precisamente en este punto por un dique de rhyolita que con dirección NS. atraviesa el fondo del cañón. En la lámina XXIV vemos al lado derecho de este dique enorme, cuyas peñas se prolongan hasta el margen superior de la fotografía, en la orilla del río, el basalto andesítico del casquete que está cubierto en posición discordante por las capas de tobas y corrientes del relleno del valle. Al lado izquierdo del dique (río abajo) ya no aparece la roca basáltica del casquete sino la reemplaza una roca blanca rhyolítica que se parece en su aspecto a la rhyolita del mismo dique, del cual probablemente se desprenden intrusiones laterales, apófises, en las tobas rhyolíticas en que el río más adelante ha formado una barranca encajonada, que se extiende hasta cerca de la cuadrilla de Las Animas. Las rhyolitas que afloran en el dique y a su lado poniente, las que hemos encontrado al margen izquierdo del río enfrente del dique y las que, en el camino entre la hacienda de Lazo y Las Animas, aparecen en el punto llamado rancho del Agua Blanca, tienen más o menos el mismo carácter petrográfico. Estas rocas que predominan aquí en el fondo de la barranca, son de colores claros, de blanco a gris claro violado, muchas veces con textura fluidal y brechoide, de una estructura poco porfírica por algunos fenocristales de feldespatos blancos, a menudo alterados y tienen una pasta fundamental de un aspecto algunas veces vítreo no muy decidido, por lo regular felsítico hasta terroso. Al microscopio se observan fenocristales de sanidino bien conservado en la roca del dique, cuya pasta fundamental está formada por feldespato y cuarzo en estructura microgranofírica. El mismo carácter tiene la roca que aflora en la orilla izquierda del río enfrente del

dique, solamente que es menos rica en fenocristales de sanidino y la estructura granofírica es más decidida y el grano algo más grueso. El dique que sobresale tan claramente en el lado derecho del río, no se destaca bien a su lado izquierdo, donde solamente unos pocos bloques de esta rhyolita se asoman en la playa. Todo lo demás, por lo menos en el fondo de la barranca, está cubierto por depósitos de acarreo compuesto de grandes piedras. De esta manera no es posible resolver si los caudalosos manantiales de agua zarca 18½°, nacen en la margen derecha del río, casi enfrente del dique y solamente un poco río abajo de él, son veneros de agua del río infiltrados más arriba, o si son verdaderos manantiales de fracturas o de cortinas.

La roca que aflora en el rancho de Agua Blanca es menos porfírica, pero en cambio tiene más textura fluidal más clara, y además lleva muchas inclusiones angulosas de otras rhyolitas y de pedazos de una especie de bol. (1) El aspecto macroscópico también de esta roca, por lo menos de una vez en cuando, es terroso, mientras otras veces es más vítreo, lo que corresponde con lo que vemos al microscopio en donde se revela su carácter vítreo o felsítico a menudo con ligeras indicaciones de esferulitas o axiolitas y casi sin fenocristales.

Una roca rhyolítica vítrea porfírica de un color rojo aparece en el fondo de la barranca en el lugar donde se le une el arroyo que pasa por Las Animas. Los fenocristales que contiene esta roca, en regular cantidad, son sanidinos muy frescos y con caras cristalográficas. Los cristales tienen tamaños de 2-3 milímetros. Al microscopio, la roca se compone de estos fenocristales bien conservados y solamente algo redondeados en sus aristas y ángulos y de una pasta fundamental de un vidrio amarillento y poco transparente. Como inclusiones extrañas sobresalen también al microscopio, lo mismo que macroscópicamente, fragmentos de otras rhyolitas entre las cuales predomina la rhyolita granofírica y unos cristales alterados que parecen haber sido olivino y que está descompuesto en serpentina.

Inmediatamente al lado de esta rhyolita vítrea, roja con fenocristales de sanadino, aparece en el fondo del río otra rhyolita vítrea de color obscuro y eutaxítica por cintas de una obsidiana no muy lustrosa, que le da a la roca un aspecto jaspeado. En esta roca no se observan ningunos fenocristales; en cambio, lleva muchas inclusiones que claramente demuestran el cambio típico que sufren ciertas rocas al contacto con el calor elevado. Al microscopio la roca, que se parece algo a la brecha rhyolítica de Oblatos, tiene el aspecto de una toba volcánica vítrea, impregnada e inyectada con obsidiana. Fenocristales de sanidino bastante raros, en cambio son frecuentes las inclusiones bien limitadas de una obsidiana por una parte, y por otra, verdaderas inclusiones oxogenéticas de rocas basálticas del carácter del basalto de la planta eléctrica de La Junta o de la chimenea del cerro de Maxcuala.

Las dos rocas rhyolíticas forman aquí el fondo de la barranca y el río se ha encajonado en ellas. Las dos están separadas por un pequeño arroyo (la roca colorada se encuentra río arriba) en el que no hemos encontrado ninguna indicación que nos pudiera explicar la relación entre estas dos

---

(1) Las inclusiones de la misma substancia hemos encontrado en el basalto del casquete entre la Hacienda de Lazo y Puentillo en la capa que lleva las zeolitas y la hemos observado en diferentes partes como el producto de una alteración o infiltración más moderna.

rhyolitas, cuyas superficies horizontales quedan al mismo nivel. Al otro lado del río hay una especie de terraza fluvial de unos 10-15 metros de altura.

En el camino de Las Animas al Paso de Guadalupe encontramos encima de las rhyolitas vítreas, otra vez la rhyolita brechoide fluidal que conocemos del rancho de Agua Blanca. La barranca, que en Las Animas todavía está bastante cerrada, cerca del Paso entra a un ensanchamiento muy grande y el río, cuyo desnivel hasta Las Animas ha sido más o menos uniforme, forma río abajo varios rápidos bastante importantes antes que pierda su velocidad en el fondo poco inclinado del ensanchamiento de la barranca que, marcada sobre todo por los declives suaves del lado derecho del río, se extiende hasta la cuadrilla llamada Pie de la Cuesta; en tanto que el lado izquierdo de la barranca continúa más o menos en la misma forma como se presenta río arriba entre la hacienda de Lazo y Las Animas, el lado derecho se retira y con una pendiente mucho más suave que la de la parte río arriba y rodea el ensanchamiento mencionado. Claramente se ve en los perfiles de este lado, que la barranca aquí está cortada en los depósitos del relleno del valle, cuya capa más alta se extiende a ambos lados de la barranca, ofreciendo la corriente rhyolítica que la forma, con sus acantilados bien marcados y sin interrupción, una ceja continua que por el lado izquierdo principia arriba de la hacienda de Lazo y se extiende hasta más abajo de San Cristóbal, mientras que al lado derecho principia en la falda del cerro de Maxcuala, para llegar solamente hasta las faldas del Cerro Grande, enfrente de Ixtacán, donde se acaba. De este modo el relleno del valle de Guadalajara, entre el cerro de La Higuera y el Cerro Grande se extiende hacia el N. y la planicie de Ixtlahuacán es su continuación geológica del mismo valle de Guadalajara. Cerca de Ixtlahuacán el relleno había cubierto un cerro del antiguo relieve y la erosión del Río Grande lo ha descubierto en parte, formando esta eminencia hoy día el cerro de La Culebra, constituído de una rhyolita porfírica igual a la que conocemos también de otras elevaciones rhyolíticas antiguas, enterradas por los depósitos del relleno.

Al pie meridional del cerro de La Culebra, enfrente del escalón sobre el cual al otro lado del río está situado el pueblo de Ixcatán, sale una especie de mesa que se mete al ensanchamiento de la barranca.

Esta mesa es llamada del Rancho de Escoba, y está constituída de una rhyolita muy semejante a la de La Cuesta que ha dado el nombre a la cuadrilla que está a su pie y forma un primer escalón a la subida de Pie de la Cuesta a Ixcatán. Es una rhyolita granofírica como la que hemos descrito de la hacienda de Lazo; solamente que los fenocristales frescos de sanidino son más abundantes (el cuarzo es bastante raro). La pasta fundamental granofírica demuestra ya cierta tendencia para la formación de agregados esfererulíticos de sanidino (carácter óptico de las fibras positivo, la cruz de Brewster claro y poco inclinado respecto a los planos de los nícols). Además, se observan al microscopio ciertas formas que por su estructura podríamos llamar microlitofisis. La roca está impregnada por sílice coloide en forma de hyalita o de ópalo y por sílice cristalino, formando esta calcedonia costras fibrosas alrededor de los riñones pequeños de la hyalita (el carácter óptico de las fibras de los esferocristales de calcedonia es negativo.)

La rhyolita mencionada del escalón del rancho de La Escoba está impregnada de estas substancias y demuestra, por lo tanto, con más claridad la textura fluidal y el carácter original de la rhyolita granofírica que macros-

cópicamente siempre tiene un aspecto terroso. La roca lleva de vez en cuando inclusiones de basalto, y se presenta en el terreno en unión con tobas y rhyolíticas estratificadas en capas horizontales donde no, por el deslave y la erosión, tienen una posición inclinada, como por ejemplo, en la barranca del Rancho de Huachis al lado SE. del cerro de La Culebra. En este punto una corriente basáltica (1) que se había extendido en posición horizontal sobre las tobas a causa del trabajo rápido de la erosión de ellas, hoy tiene una inclinación bastante marcada, paralela a la de la pendiente del terreno.

Mientras que el relleno del valle en el lado derecho de la barranca río abajo se acaba en las faldas del Cerro Alto, que con sus acantilados termina el ensanchamiento de este tramo de la barranca, en el lado izquierdo continúan las formaciones del relleno, y precisamente con el arroyo que, pasando por Ixcatán, se une al Río Grande en Pie de la Cuesta, principia un arreglo especial de estas capas del relleno que con pocas interrupciones se continúa con cierta uniformidad hasta el arroyo de El Escalón ya cerca de San Cristóbal. Este lado de la barranca, que río abajo del punto llamado Pie de la Cuesta, está caracterizado por un relieve en que sobresalen uno o dos escalones con sus respectivas mesetas y está coronada arriba por una corriente rhyolítica que con sus acantilados altos, llamados "La Ceja de la Barranca," es la continuación de la rhyolita que forma la ceja entre el Puentillo y Las Animas. El camino que hasta el Pie de la Cuesta sigue por la orilla del río, más adelante ya no cabe en el fondo de la barranca cuyas laderas empinadas solamente en algunas partes se retiran algo del lecho del río y dejan un lugar reducido para la formación de pequeñas playas. Por lo tanto, el camino sube al Pie de la Cuesta a Ixcatán y aprovecha de aquí hasta El Escalón las mesetas arriba mencionadas. La primera de éstas debe su origen, probablemente, a la mayor resistencia de la rhyolita arriba descrita y se extiende desde el arroyo de Ixcatán hasta el de La Soledad.

Por un lado de este escalón se precipita el terreno hacia el fondo de la barranca, por el otro se levantan los acantilados de la "Ceja." La rhyolita que forma en ceja, demuestra cerca de la bajada, hacia la hacienda de La Soledad, una textura de separación muy marcada, formándose, por ejemplo, como se ve en la lámina XXV en un lugar de la base de la corriente una separación en lajas que para arriba desaparece, obteniendo aquí la rhyolita, en parte, un carácter más macizo, en parte una textura muy irregular, que se asemeja a una textura fluidal. En la misma lámina se ve que esta división en una capa inferior y una superior, es meramente local y ya más adelante la corriente desde la base hasta su superficie tiene una estructura uniforme que es la de una separación en columnas perpendiculares de contornos irregulares.

La roca de esta corriente es, como dijimos antes, una rhyolita rica en cristales de sanidino transparente con una pasta fundamental de color rosado y de una textura terrosa algunas veces esferulítica.

La roca que coleccionamos en el punto más alto del escalón de Ixcatán (antes del principio de la bajada a la hacienda de La Soledad) se caracteriza además por sus infiltraciones de carneolita que abunda en las piedras rodadas

(1) Cerca del Rancho de Huachis nacen en la base de esta corriente unas aguas termales con temperatura de 38° y sin dejar depósitos. Probablemente son aguas freáticas que al contacto con el basalto todavía no completamente enfriado, se calentaron a la temperatura indicada.

de estos acantilados. Al microscopio se observan en la roca numerosos cristales de senidio fresco pero muy quebrado, sin que los fragmentos estén notablemente separados. Al contrario, parece que cuando los cristales se reventaron, el magma ya estaba muy viscoso y casi sin movimiento y se limitaba a rellenar los espacios entre los fragmentos sin removerlos, mientras que la mayoría de los fenocristales de sanidio es pura y sin inclusiones; hay otros que son mezclas del mencionado mineral con cuarzo, resultando de esta unión fragmentos de cristales de estructura gráfica (mirmequítica). Fuera de esta combinación, que es bastante rara en la roca, el cuarzo falta por completo entre los fenocristales. En cambio, la pasta fundamental se compone de sanadino y cuarzo; su estructura es por lo regular granofírica, pero de vez en cuando la pasta presenta también una estructura esferulítica y axiolítica bien marcada y uniforme, teniendo las esferulitas, que en máximum alcanzan unos 3-4 milímetros de diámetro, un carácter óptico negativo, siendo las fibras que las forman de carácter positivo. De esta manera estas formas parecen ser más bien cristales-esferulitas de cuarzo (según la nomenclatura de Rosenbusch).

La barranca de La Soledad corresponde, con excepción de su parte superior, a una línea tectónica que se hace patente ya por la circunstancia de que las rocas que forman las paredes del arroyo abajo de la hacienda, son diferentes a ambos lados. Pero la fractura se hace más notable por la presencia de un macizo de una roca intrusiva gabbroide a cuyo margen sigue el mencionado arroyo. Inyecciones de este magma, en forma de apófisis, se encuentran en las paredes de la barranca de La Soledad hasta cerca de la base de la corriente rhyolítica de la ceja. La intrusión del fondo de la barranca está acompañada de manantiales de aguas termales y emanaciones de vapor (véase lámina XXVI) habiéndose depositado en este lugar regular cantidad de carbonato de cal, que se precipitó (y precipita) en forma de una aragonita pulverulenta y fofa que como se ve en los depósitos más antiguos, se cambió en la modificación estable de la calcita que se presenta en forma de masas cristalinas con una estructura de fibras gruesas y paralelas muy parecida a la de la aragonita cristalina. La transformación de la modificación inestable de la aragonita es la estable de la calcita en los depósitos cristalinos, es casi completa, pues la reacción de Maigen ni después de hervir la calcita pulverizada durante cinco minutos da una coloración violada del polvo, mientras que la aragonita reciente (1) sacada de un manantial la da inmediatamente.

La roca de esta intrusión de la "Calera" de la barranca de La Soledad, tiene macroscópicamente una estructura granuda y es de un color negro lustroso con manchas pequeñas rojas y verdosas. Al microscopio se observa una estructura ofítica intersertal formada por una gran cantidad de plagioclasas alargadas de la combinación de la bytownita. ($Ab_{25}An_{75}$), de una piroxena monoclínica y de olivino más o menos alterado y poca cantidad de apatita acicular. El olivino y la plagioclasa son idiomórficos, mientras que la piroxena es el elemento que viene a rellenar los intersticios que quedaron entre los minerales anteriores y como la masa de la piroxena tiene la misma

(1) No nos ha sido posible investigar si el carbonato de cal que se forma alrededor de los manantiales, en estado naciente, pertenece a la modificación de la veterita, como es probable, o a la de la aragonita. Las muestras que trajimos, ya no se puede averiguar en que modificación al carbonato se precipitó.

orientación en una extensión más o menos grande, sin embargo de que está interrumpida por feldespatos y olivinos, le da a la roca cierta estructura poiquilítica. La piroxena pertenece al grupo de las diopsidas (extinción máxima 44°, dispersión más fuerte del eje A) y se asemeja al dialage por un crucero paralelo a (100) que se observa en los cortes basales. El olivino es, como queda dicho, generalmente alterado en magnetita y serpentina, probablemente mexclados con talco o tremolina; zona de "Keliphita," alrededor de los olivinos no se observan; en cambio, parece que la magnetita se concentra en los márgenes de estas periotitas. En los pocos poros de la roca se encuentra un mineral verde, sin dicroismo o solamente con uno muy ligero, que forma, por lo regular, un agregado irregular de fibras y algunas veces pseudo-esferulitas muy finas de carácter óptico positivo, siendo las fibras, por lo tanto, de un carácter negativo. Sus colores de interferencia son muy bajos, lo mismo que su índice de refracción. Estas propiedades nos hacen creer que el mineral sea un clorita. Además, se observan de vez en cuando infiltraciones escasas de carbonatos en esta roca, que debemos clasificar como un gabbro de olivino de estructura hipidiomorfa-granuda. En las capas rhyolíticas, que se encuentran arriba de esta intrusión de gabbro, se encuentran frecuentemente diques de una roca basáltica que por su aspecto macro y microscópico y por la distribución en el terreno, parecen ser apófisis del gabbro de la "Calera." Esta roca, que en varias inyecciones se encuentra en la rhyolita debajo de la corriente de la ceja, a lo largo del camino de la hacienda de La Soledad a la de Huaxtla, es un basalto compacto en el cual sobresalen unos granos más grandes de olivinos. Al microscopio se observa una estructura porfírica holocristalina. Los fenocristales de plagioclasa de formas prismáticas pertenecen a mezclas de la composición de una bytownita ácida; los de olivino frecuentemente están alterados. La pasta fundamental está compuesta de plagioclasas más ácidas y por augita en cristales muy pequeños prismáticos. Este basalto de plagioclasa con olivino se encuentra, como queda dicho, como intrusión en las rhyolitas felsíticas y vítreas debajo de la corriente superior o de la "Ceja" y no la atraviesa esta última.

A estas inyecciones básicas corresponde en el terreno casi siempre una depresión más o menos marcada y como según lo dicho, estos filones no entran a la roca de la ceja, los arroyos en la rhyolita resistente de esta capa no están tan pronunciados como en las partes inferiores de esta ladera izquierda de la barranca.

La rhyolita, o mejor dicho, la serie de rhyolitas que componen con capas más o menos concordantes, la base de las corrientes cuyos acantilados forman la "ceja" de este lado de la barranca, son unas rocas más o menos obscuras, de un color morado rojizo, en las que les predomina una pasta fundamental más o menos terrosa, algunas veces con estructura fluidal, sobresaliendo pocos cristales de un feldespato claro frecuentemente alterado. La estructura de la pasta fundamental, que por lo general tiene colores bastante obscuros, varía entre la pilotaxítica, felsítica y hyalopilítica, con textura fluidal, que en algunas muestras está combinada como una distribución axiolítica de los elementos cristalinos. Los fenocristales de feldespato monoclínico no tienen los caracteres del sanidino sino que están alterados, unas veces turbios, otros completamente transformados en un agregado de granos de cuarzo secundario. Cristales de cuarzo primario son bastante escasos.

Estas rhyolitas están atravesadas por grietas más o menos finas que

han sido resanadas posteriormente por ópalo y calcedonia. Esta última se presenta en forma de fibras que casi siempre se reunen en esferulitas entre las cuales, en las láminas, hemos encontrado algunas muy bien desarrolladas que demuestran claramente su formación centrógena, (1) con toda claridad por los contornos en líneas rectas que se observan donde se encuentran dos y más de estas esferulitas que se deben de haber formado simultáneamente. La distribución de los dos minerales que rellenan las grietas no es simétrica sino que el depósito del ópalo, que con sus zonas remeda la forma de las paredes de la grieta, es grueso en un lado y muy delgado en el otro; mientras que el hueco, que quedó después del depósito de la sílice amorfa hidratada, ha sido rellenado más o menos simétricamente por la calcedonia. A los dos lados de la grieta, la rhyolita ha sido impregnada de hidroxidos de fierro y es de notarse que esta impregnación es más abundante del lado donde se encuentra en la grieta la zona más gruesa del ópalo.

El camino de la hacienda de La Soledad para la de Huaxtla, en el primer tramo, después de la salida de la barranca de La Soledad, sigue faldeando sobre estas rhyolitas que más arriba desaparecen debajo de la rhyolita de la "Ceja." Más adelante, la ladera de Barranca del Río Grande que demostró desde Ixcatán cierta uniformidad en su tectónica, está interrumpida por un bloque que forma una especie de contrafuerte que se representa en forma de una mesa saliente a media altura de la ladera. El camino, para vencer este obstáculo, tiene que subir el plan de la mesa, formado por la rhyolita de la "Ceja" y baja al otro lado a la continuación del escalón que con mayor o menor claridad viene destacándose a este lado de la barranca desde Ixcatán hasta cerca de San Cristóbal y sobre el cual están situadas más adelante la hacienda de Huaxtla y San Lorenzo y la población de El Escalón, llamándose la última parte de él "Mesa del Rodeo." En la bajada del escalón hacia el fondo de la barranca encontramos, en primer término, una rhyolita fluidal, parecida a la descrita arriba y con una estructura micro-granofírica con indicios de un arreglo esferulítico. En esta pasta fundamental predominante se hallan pequeños y escasos cristales de un sanidino muy transparente con una extinción de 8 a 9° y con el plano de los ejes perpendicular al plano de simetría. Debajo de esta rhyolita aparecen tobas rhyolíticas estratificadas, las que, lo mismo que la rhyolita microgranofírica, están atravesadas por filones de basalto y arriba de ella principia la rhyolita de la "Ceja." Como se ve, también aquí en El Escalón tenemos la misma distribución què en los alrededores de la hacienda de La Soledad.

Réstanos la descripción de la rhyolita de la "Ceja" que es la forma más sobresaliente de esta parte de la ladera izquierda de la barranca del Río Grande.

La rhyolita más o menos esferulítica e inyectada con carneolita que forma los acantilados de la "Ceja" antes de llegar a la barranca de la hacienda de La Soledad, cambia de aspecto más adelante y se presenta como una roca cuya estructura es netamente porfírica con una cantidad considerable de grandes fenocristales de sanidino que están unidos por una pasta fundamental de color gris obscuro. Al microscopio, esta pasta se revela como felsítica micro-cristalina (roca coleccionada cerca de la hacienda de San Lorenzo) que

(1) Boris Popoff. "Eine neue Untersuchungsweise sphärolitischer Bildungen." Tschermaks Min. Pet. Mitt., T. 23. Viena, 1908. p. 153.

en otro lugar (Mesa del Rodeo) se presenta en forma micro-esferulítica. Los fenocristales de sanidino están, por lo regular, no bien formados sino demuestran por sus caras redondeadas que han sido sujetos a una reacción y reabsorción magmática bastante fuerte. Muchas veces están llenos de inclusiones de la pasta fundamental en formas irregulares, de tal manera que parecen un harnero. Estos sanidinos tienen una regular cantidad de sodio sin que lleguen a ser anortoclasa, lo que se comprueba por el ángulo pequeño de sus ejes ópticos.

La rhyolita de los acantilados que siguiendo el mismo nivel por largas distancias, forman lo que se llama la "Ceja," en algunas partes ha dado origen a formas fantásticas, como lo representa la fotografía lámina XXVII, tomada en la Mesa del Rodeo antes de llegar al Plan del Mesón del Escalón. La misma rhyolita forma la masa del bloque del cual hablamos arriba y la cual sube el camino de la hacienda de La Soledad para bajar después a la hacienda de Huaxtla. Encima de dicha roca encontramos en esta masa una serie de tobas rojizas y azuladas muy arcillosas. Las mismas tobas hemos visto cerca de la hacienda de Lazo, encima de la rhyolita esferulítica (donde la rhyolita ya forma una especie de ceja); más río arriba, en la barranca de Ibarra y enfrente de la cuadrilla de San Marcelo y creemos que ellas, lo mismo que la rhyolita, en su base en estos últimos puntos, sean la misma formación y la continuación de las rocas encontradas en la ceja entre La Soledad y El Escalón. El bloque aludido sería entonces una parte de la ceja que por falta de apoyo en su base se había resbalado, quedando a media ladera; lo que se comprueba por la circunstancia de que hemos encontrado en dicho camino, donde sube a la mesa, una especie de brecha de fricción. Un bloque semejante y en igual posición se encuentra entre el Mesón del Escalón y la población del mismo nombre.

La superficie de la corriente rhyolítica que forma la "Ceja" es casi horizontal, mientras que la serie de las rhyolitas sobre las cuales descansa, tienen una inclinación bien marcada hacia el SW., (véase lámina XXV) lo mismo que las capas de rocas más obscuras, las que por su parte forman la base de las capas de rocas rhyolíticas debajo de la "Ceja" y que al parecer son la continuación de las que al otro lado de la barranca del Río Grande forman la parte inferior de la montaña del Cerro Alto. La posición de estas capas a ambos lados de la barranca es idéntica (véase lámina XXVIII) y no se observa ningún indicio que pudiera comprobar que el río siguiera a lo largo de una línea de dislocación. También una faja roja que se observa desde las aguas termales de La Soledad, al otro lado de la barranca, tiene su continuación correspondiente al lado izquierdo donde se destaca en la parte inferior de la misma barranca de La Soledad.

La rhyolita de la "Ceja" que se extendió en la depresión al SW. del Cerro Alto llenándola hasta una altura considerable, cubre hoy día todavía la parte inferior del cerro y está formada por capas de tobas y corrientes obscuras y andesíticas y basálticas. En cuanto más se acerca la corriente de la "Ceja" al Cerro Alto, tanto más disminuye en espesor por el plano inclinado del margen de la depresión, la que llenó en estado ígneo-fluido.

El Río Grande parece haber tomado su curso por la orilla de la corriente de la "Ceja" y como encontró en las tobas basálticas una roca de una resistencia muy pequeña, pudo cortar en ellas fácilmente, formando la barranca del Río Grande como hoy la vemos en este tramo de su curso; am-

pliándose esta incisión por el derrumbe de las orillas de la rhyolita que, por la erosión de su base de tobas por el río, quedaron frecuentemente sin sostén, (1) de este modo se ha podido formar la "Ceja" y por lo tanto también no se prolonga esta corriente rhyolítica hacia el otro lado de la barranca, donde en nuestra travesía por el Cerro Alto desde San Cristóbal a Ixtlahuacan del Río no hemos encontrado ni restos de ella.

En la lámina XXIX reproducimos la fotografía que se tomó desde la Mesa del Rodeo en dirección hacia las faldas occidentales del Cerro Alto, se observan las formas de mesas, cortadas por las barrancas que adquirieron las tobas andesíticas y basálticas (con intercalaciones de corrientes de labradorita) de la parte inferior del Cerro Alto, por el ataque de la erosión. En el fondo de la fotografía, al lado derecho, aparece la mesa escalonada de San Juan de los Núñez, que ya pertenece al Estado de Zacatecas y que está separada de las faldas del Cerro Alto por la honda barranca del río de Juchipila.

En la formación de las tobas, por lo general de colores obscuros, que aflora en toda esta parte en el fondo de la barranca de Río Grande se observan intercalaciones de unas tobas más claras de colores rosa y azulado que hacen más notable la perfecta estratificación que les es característica y que hacen resaltar claramente todas las pequeñas fallas que atraviesan, sobre todo cerca del río, en los alrededores de San Cristóbal. En muchas partes hemos encontrado en estas tobas y corrientes basálticas, zeolitas y bol rico en sílice (2) en las oquedades de la roca, las primeras y como revestimiento de grietas el segundo.

Antes que sigamos con la descripción de la geología y petrografía de la parte superior del Cerro Alto tenemos que apuntar unos pocos datos que hemos recogido durante nuestra estancia en San Cristobal en los alrededores de este pueblo.

La población aludida está situada en la orilla derecha del Río Grande, donde este río cambia su curso, hasta aquí NW., en una dirección SE. La pequeña población se extiende, donde la barranca cerrada del Río Grande se abre un poco, sobre un plano inclinado que está limitado por el Río Grande al S., al E. por el río de Juchipila y al W. por el de Cuixtla, mientras que en el N. se levanta en paredones empinados el cerro de San Sebastián. Al frente de esta pequeña playa, al otro lado del Río Grande, forma el Cerro del Embarcadero un paredón alto y abrupto (lámina XXX) y entre este cerro y el de la Soledad al otro lado del río Grande en forma de un cañón estrecho. Al W. por fin se levanta el cerro del Tepehuaje, con su promontorio, for-

(1) Probablemente sucedió lo mismo en el Cerro de Maxcuala, donde también la rhyolita desvió el curso del Río Grande, obligándolo a cortar su cauce en el cuerpo del volcán, pues no parecen existir allá aún pequeñas fracturas que hubieran podido atraerse al río en su dirección.

(2) Reunimos bajo el nombre de "bol" una serie de mezclas de Al_2O_3 y SiO_2 gelatinosas con agua: "Los silicatos hidratados" amorfos, como allophanita, halloysita y montmorillonita presentan con las mezclas artificiales de alúmina y sílice gelatinosas tanta semejanza respecto a sus propiedades químicas y físicas, que es justificada la suposición de Hintze, que estos cuerpos no sean compuestos químicos y, por lo tanto, tampoco silicatos, sino también mezclas de alúmina y sílice coloidales." H. Stremme: "Ueber Fällungen der gemengten Gels von Tonerde und Kieselsäure undderen Bezichungen su Allphanhalloysit und Montmorillonit." Centralbl. Fur Min., Geo. und Pal. Jhrg. 1908. Stuttgart, 1908, pág. 622, 661 y especialmente 669.

mado por el cerro del Chiquihuitillo, cuyas faldas, no menos empinadas que las de los otros cerros, llegan hasta la margen izquierda del río de Juchipila. Todos estos cerros están formados por las capas y de tobas y lavas basálticas obscuras, muchas veces amigdaloides y siempre bastante desmoronables, lo que se hace manifiesto por los frecuentes derrumbes que se efectúan en sus acantilados y pendientes empinadas.

Mientras que en los cerros que forman esta olla de San Cristóbal no se hace notable ninguna falla grande o bien definida, hemos podido observar los efectos de importantes movimientos tectónicos en el valle que recorre el río de Cuixtla, siguiendo por lo menos en parte dicho río una falla que corre NS.

Sobre esta falla, o una paralela con ella, se encuentran las aguas termales de Santa Cruz Atestique, que están ligadas a una intrusión rhyolítica que se presenta aquí en contacto con el basalto de la serie de las tobas obscuras cubiertas por una corriente de rhyolita de unos 10 m. de espesor, con una serie de tobas rhyolíticas encima de ella. Estas rocas rhyolíticas se presentan por primera vez en el fondo de la cañada de Cuixtla, cerca de la congregación "La Catarina," formando las lomas y cerros al W., donde la erosión las ha cortado fuertemente, habiendo dejado intactos en algunos lugares solamente unos "testigos," de los cuales el cerro del Aguacate (lámina XXXI) es un ejemplo. En lo general, esta serie de la corriente rhyolítica con sus tobas estratificadas y de gran espesor encima, tiene una inclinación hacia el SSE. y debe haber habido, por lo tanto, movimientos tectónicos que causaron o el hundimento de la parte Norte a lo largo de una falla que corta cerca de "La Catrina" en dirección EW., aproximadamente, la cañada de Cuixtla o la formación de un sinclinal cuyo eje tiene la dirección indicada.

Las aguas termales de Santa Cruz Atestique son de menos importancia que las de la hacienda de la Soledad. La emanación más fuerte se encuentra en el lecho del río de Santa Cruz, en una rhyolita cerca de la orilla derecha, y estaba tapada por el agua de este río cuando nosotros visitamos la localidad. El ruido que se percibía ya desde alguna distancia, nos hizo suponer que la temperatura del vapor y la fuerza con que sale deben ser bastante altas. En la margen izquierda hay otros varios desprendimientos de vapor, de los cuales el más caliente tenía 97° C. Alrededor del agujero del que sale este pequeño chorro de vapor, se había depositado una capa de unos 2-3 cms. de grueso de carbonato de cal, en la forma de la calcita finamente cristalina, entremezclado con sílice.

La roca intrusiva, que da origen a estas emanaciones, es una rhyolita felsítica y más o menos esferulítica, infiltrada en parte de sílice en forma de ópalo, ágata y calcedonia de fibras radicales que, junto con las esferulitas y los revestimientos de los poros y oquedades por cuarzo, le dan a la roca un aspecto hermoso y variado. En la zona del contacto con la toba basáltica, se observa que la rhyolita envuelve pedazos de esta toba, cuyo color obscuro se ha cambiado en colores verdosos claros, notándose al mismo tiempo una infiltración de sílice, que les proporciona mayor dureza. En esta zona se encuentra gran número de geodas de calcedonia (ágata), con cristales de cuarzo en el interior, y bol, igualmente impregnado de sílice.

El basalto cuyo lado se había inyectado la rhyolita a lo largo de la falla NS., que está marcada en el terreno por dos cañadas a ambos lados del río de Santa Cruz Atestique, es un basalto de plagioclasa, algo dolerítico de color

negro, con pequeñas manchas coloradas. A simple vista se observan solamente los cristales alargados de la plagioclasa por el lustre de sus caras, y las manchas rojas que provienen de la alteración del olivino. Al microscopio se observa una estructura intersertal hipidiomorfa-granuda sin pasta vítrea, componiendo a la roca prismas alargados de plagioclasa-bytownita, granos de un olivino alterado en serpentina e impregnado de hidróxidos de fierro, prismas pequeños de augita y cristales de magnetita.

Encima de este basalto y de sus tobas se extiende una corriente rhyolítica de color gris claro amoratado, que lleva, además de inclusiones de piedra pómez y pequeños fragmentos de basaltos, fenocristales pequeños de un feldespato claro transparente en una pasta fundamental felsítica. Bajo el microscopio se ve que esta pasta felsítica con estructura fluidal es microcristalina y se compone de feldespatos y cuarzo con fenocristales de una plagioclasa muy ácida (albita-oligoclasa y oliglocasa), del carácter de la micronita y pocos cristales de sanidino. Encima de estas corrientes de gran extensión, siguen los extractos de las tobas claras rhyolíticas, que alcanzan gran espesor y que cortadas por la erosión, han dado lugar a las formas de "testigos" (lámina XXXI).

Al pie oriental del C° de San Sebastián, es decir, al lado derecho del cerro de Juchipila, en el camino de San Cristóbal a Teocaltitán, se presenta en la serie de corrientes y tobas basálticas una intercalación de una toba rhyolítica de colores claros con intrusiones de fragmentos de piedra pómez y de obsidiana. Cerca del contacto con una corriente basáltica que se había extendido encima de ella, esta toba ha sido metamorfizada de tal manera, que resultó una roca dura, de color gris-amarillento con visos sedosos. La piedra pómez falta casi por completo en esta parte superior de la toba, mientras que abundan los fragmentos de una obsidiana muy porosa, lo que nos hace pensar que la piedra pómez ha sufrido una nueva fusión por el contacto, resultado de ella un vidrio semejante a la obsidiana. (1).

La roca que se extendió encima de estas tobas es un basalto poroso, cuyos poros grandes están rellenados por varias zeolitas diferentes, entre las cuales la analcita forma cristales bien desarrollados. (2). Además, se encuentran costras de calcedonia en las grietas de la roca. Cerca de S. Cristóbal se halla en el mismo camino a Teocaltitán, otra roca basáltica sumamente compacta, de grano grueso y de color obscuro algo verdoso. Al microscopio se observa que la roca se compone de olivino y plagioclasa bytownita (en formas alargadas prismáticas), llenando los intersticios que quedan, una piroxena monoclínica del carácter del dialage con un ligero dicroísmo entre verdoso y amarillento.

Como hemos dicho, la serie de corrientes y tobas basálticas de las cuales se hablaba en las últimas páginas, tratando de los alrededores de San Cristóbal, forman los estribos inferiores del Cerro Alto, que domina por su altura y extensión la parte al N. de la barranca del Río Grande. Dicha serie

(1) Una toba semejante menos metamorfizada colorada y con intrusión de piedra pez y obsidiana, aunque en menor cantidad y en fragmentos de menor tamaño, forma una intercalación en la serie basáltica cerca de las aguas termales de Santa Cruz Atestique.

(2) G. Friedel menciona en su trabajo "Sur l'analcine" en el Bull. Soc. T. 19, París, 1896, p. 16, una analcimita de San Cristóbal. Como hay en México un gran número de pueblos de este nombre, no es posible decir si el mineral aludido por el señor Friedel sea de esta localidad o de otra.

basáltica, cortada por arroyos muy profundos con pendientes empinadas y de descenso rápido, dió lugar a la formación de un gran número de mesetas que caracterizan la parte al W. del Cerro Alto, entre los cañones del Río Grande y del río de Juchipila. Una capa de una corriente resistente termina hacia arriba a esta serie y forma, por ahora, por lo menos en gran parte, un obstáculo para el adelanto rápido de la erosión. Esta corriente, que encontramos en el camino del rancho de Camotán a Sayulilla, en el punto donde el camino saliendo del arroyo de Las Tejas llega a la mesa de Sayulilla, está formada por una roca basáltica de color gris con tinte morado, sobresaliendo muchas de color pardo rojizo de un mineral micáceo. Al microscopio se observan plagioclasa-bytownita en formas prismática alargadas con pequeños cristales o granos de augita y algo de vidrio y fenocristales de olivino alterado en iddingsita. (El plano de los ejes ópticos (010) a = z y c =vi.)

Esta mesa de Sayulilla se extiende hacia el Cerro Alto con una subida suave y se acaba al pie de unos cerros basálticos, en los cuales hemos encontrado, antes de llegar al lugar denominado "La Lobera," capas de lapilli de colores obscuros, cuya dirección e inclinación varían mucho. Más arriba, en la mesa, sobre la cual está situada la hacienda de Agua Blanca, se ha acumulado una capa de "Xal," idéntico al del Valle de Guadalajara.

La parte superior del Cerro Alto está formada en su mayor parte por corrientes andesíticas en posición periclinal; intercaladas entre ellas encontramos tobas andesíticas en la misma posición indicada y en la base de las andesitas afloran corrientes basálticas. Estas últimas forman, por ejemplo, la mesa de los Mora, más abajo de la hacienda de Agua Blanca. Es un basalto poroso de color negro y de una pasta fundamental microcristalina, en la cual sobresalen fenocristales de olivino de color verde de botella. En lámina delgada se observa con el microscopio que es un basalto de plagioclasa (bytownitas alargados), con augita, olivino y bastante magnetita; su estructura es hipocristalina con una inclinación intersertal. En los poros de este basalto se hallan zeolitas en pequeña cantidad y gotas de una hyalita muy transparente. Arriba de la mesa de los Mora principia la subida empinada llamada Cuesta Mata Judíos, que afloran las andesitas. La posición periclinal de las corrientes andesíticas y de sus tobas intercaladas, ha dado origen a un relieve, que a primera vista tiene cierta semejanza con una "somma" con su "atrio del cavallo" y "cono central," pero su origen es completamente diferente, pues la erosión, atacando con facilidad las tobas intercaladas, ha cortado en ellas una cañada en forma de semi-círculo, que por un lado tiene el macizo rocalloso que forma el pico más alto del cerro, por otro lado las cabezas de las corrientes andesíticas resistentes, que en tiempos anteriores alcanzaron mayor altura y formaron al cono original de este volcán del Cerro Alto. En el punto más alto de la cañada todavía afloran las tobas intercaladas, llamándose este punto "Terreno de los Duraznos." La reconstrucción de las formas anteriores del volcán todavía sería practicable, pero se necesitaría para ello un plano detallado de la montaña.

En nuestra excursión rápida no nos hemos podido dar cuenta exacta de la distribución de las rocas, y, por lo tanto, tenemos que limitarnos a las indicaciones anteriores y a la descripción de las rocas que habíamos coleccionado. En la salida de la Cuesta Mata Judíos, se nos presenta por primera vez la andesita en forma de una roca bastante rica en vidrio y con fenocristales de una plagioclasa-microtina. Al microscopio se ven fenocristales de una la-

bradorita bastante ácida, bien desarrollada y muy transparente, y otros de hiperstena en menor cantidad. La pasta fundamental es de un vidrio sin color, completamente diáfano y lleno de pequeños cristales de andesita, con algunos de hiperstena y muy pocos de augita. Menos vidrio contiene la pasta fundamental hialopilítica de una andesita taxítica que se halla formando la "somma" arriba mencionada antes de llegar al camino a los Terrenos de los Duraznos. La muestra que coleccionamos en la parte alta del cerro (rancho del Cerro Alto), es una andesita de hiperstena y augita, con una pasta fundamental pilotaxítica de varillas de plagioclasa y granos de piroxena, y con fenocristales de plagioclasa del tipo de la microtina (unos muy claros y transparentes; otros llenos de inclusiones), de cristales alargados de hiperstena y de cristales y granos de augita y de amfíbola.

El lado oriental del Cerro Alto, por el cual baja el camino hacia la amplia cañada de Xaltitán, está formado por la superficie de una de las corrientes andesíticas que constituyen la parte superior de la montaña, teniendo esta roca, por la predominancia de su pasta fundamental vidriosa, un color òbscuro, de la que sobresalen fenocristales de una plagioclasa algo alterada. Al microscopio se observa una estructura hialopilítica, fenocristales de plagioclasa bytownita o labradorita básica y granos de un mineral piroxénico alterado. Además, se nota una substancia de color café, que llena los poros e impregna la roca y que es isotrópica, o por lo menos de una birefrigencia muy débil.

A este lado oriental de la montaña la andesita no se restringe solamente a la parte alta, sino se encuentra también en su parte inferior en las lomas por las cuales pasa el camino, tanto en la elevación que separa la cañada de Xaltitán de la de Los Lobos, como en la loma a la cual se sube despúes de haber atravesado la segunda de estas cañadas. Más adelante, en cambio, aparece también aquí a este lado la roca basáltica, formando las lomas y los conos cerca de Ixtlahuacán del Río.

Las andesitas del Cerro Alto, sin embargo de que todas han nacido del mismo foco y por la misma chimenea, y de que probablemente su composición química varía solamente entre ciertos límites poco diferentes entre sí, presenta una variación bastante notable en su composición mineralógica, y, sobre todo, en la estructura de su pasta fundamental.

Los fenocristales de plagioclasa varían entre las combinaciones Al_{50} An_{50} y Al_{25} An_{75}. Por lo regular son microtinas completamente transparentes; pero entre las más grandes hay también ejemplares que están llenos de interposiciones, cuya distribución en capas a veces hace resaltar más la estructura zonal que tienen estos feldespatos, a causa del cambio de su composición, más ácida en el margen que en el centro.

La hiperstena forma fenocristales alargados casi siempre muy bien formados y conservados. Su formación procedió a la de las augitas, frecuentemente macleadas, que de vez en cuando envuelven las hiperstenas y por lo regular se presentan en forma de granos.

En las capas inferiores, que afloran en las cañadas de Xaltitán y de Los Lobos, el carácter de la roca es más básico y se acerca más a un basalto de plagioclasa. En estas rocas las plagioclasas tienen composiciones que se aproximan frecuentemente a la de una bytownita básica, y en algunas muestras hemos observado que las piroxenas están reemplazadas por amfíbolas ricas en fierro, que casi siempre están muy alteradas y llenas de magnetita

(opacita). En algunas de las láminas se encuentran pequeños granos aislados de cuarzo, que por su reacción en los bordes (zonas de absorción magmática), parecen ser inclusiones exogenéticas.

La estructura de estas rocas es porfírica; pero tanto en las capas altas, cuya pasta fundamental tiene un aspecto vítreo, como en las inferiores, cuya roca se asemeja a un basalto, los fenocristales no sobresalen mucho. La estructura de la pasta fundamental varía entre hialopilítica-intersertal y pilotaxítica-holocristalina-hipidiomórfica, predominando las primeras en las rocas más ácidas.

En algunas partes, sobre todo en la subida a la loma al E. de la cañada de Los Lobos, hemos encontrado en las andesitas hyalita formando costras perfectamente transparentes, sin color unas, otras con visos azulados. Algunas veces la hyalita está acompañada de calcedonia.

En todo este camino del Cerro Alto a Ixtlahuacán solamente en el plan de la cañada de Los Lobos aparece basalto de olivino típico, cuya posición geológica no hemos podido aclarar, por estar la roca cubierta por los depósitos de acarreo.

La población de Ixtlahuacán del Río está situada al pie de unos cerros basálticos, que se levantan del relleno del valle, que es, como hemos visto, la prolongación del Valle de Guadalajara, del cual está separada por la barranca del Río Grande. Pegado al borde de esta barranca, a unos 6-8 km. del mencionado pueblo, se levanta, como un contrafuerte, el cerro de la Culebra, que pertenece al antiguo relieve de la comarca y ha sido cubierto en todos sus flancos por el relleno. La roca del cerro de la Culebra es una rhyolita (véase página 74); gran parte de los materiales que cubren su lado Norte son también rhyolitas; solamente la parte alta del relleno está formada por una corriente de un basalto de plagioclasa con augita y poco olivino con estructura intersertal que, por su resistencia contra la erosión, forma un borde bien marcado. Perfectamente se observan en el cerro de la Culebra la sucesión de corrientes rhyolíticas y tobas en posición periclinal, y claramente se ve al W. de él, en las faldas de los cerros que pertenecen al macizo del Cerro Alto, la discordancia de las capas de relleno respecto al relieve antiguo de estos cerros.

Al otro lado de la cañada de Huavis, que por el E. del cerro de la Culebra baja desde la mesa de Ixtlahuacán hacia el Río Grande, nace un agua termal de 38° de temperatura enfrente del rancho de Huavis. El agua sale debajo de una corriente basáltica que descansa sobre tobas blancas rhyolíticas. Todo este complexo de rocas tiene una inclinación hacia el fondo de la barranca del Río Grande. Esta inclinación parece ser originada por el trabajo de una erosión anterior, que, transportando los materiales poco resistentes de las tobas rhyolíticas más bajas, les quitó a las capas de arriba el sostén.

El camino de Ixtlahuacán del Río, a Guadalajara pasa primeramente sobre el relleno del Valle, que está cubierto más al E. por varias corrientes de basalto de plagioclasa con olivino y augita procedentes, al parecer, del cerro de la Higuera, que por lo tanto debe haber estado en actividad en tiempos no muy remotos, lo mismo que los otros cerros menos altos que rodean el Valle de Guadalajara por el E., SE. y S.

2.—*Resumen*

Resumiendo los datos anotados en las páginas anteriores, los alrededores de Guadalajara se presentan de la siguiente manera:

La roca más antigua que se observa en la región, es una rhyolita porfírica que aflora en los cerros aislados más o menos altos, que nos dan una idea de lo accidentado que ha sido el relieve de esta zona en un tiempo.

Encima de este relieve antiguo se formaron más tarde volcanes andesíticos y basálticos de diferentes tamaños, entre los cuales unos se apagaron bien pronto, otros perduran activos durante mucho tiempo.

Las depresiones entre estas eminencias han sido rellenadas, en tiempos posteriores, por una serie de depósitos volcánicos que se presentan en forma de corrientes rhyolíticas (andesíticas) y basálticas de tobas rhyolíticas y de depósitos lacustres y de acarreo, de tal manera, que al fin resultó un relleno que, por su superficie más o menos pareja, a primera vista parece ser bastante uniforme, sin que en realidad lo sea.

La distribución de las corrientes rhyolíticas que son el material más resistente contra la erosión, obligó al río a tomar rumbos donde pudo formar un cauce con mayor facilidad. Gran influencia tenían para el curso del río naturalmente también las corrientes y otros productos de los volcanes basálticos en el E., SE. y S. de Guadalajara. (1).

La corriente rhyolítica que forma los acantilados en la parte de la barranca del Río Grande, entre la barranca de Ibarra y el arroyo de Las Animas, parece haber nacido de una grieta cuyo relleno rhyolítico forma el dique que hemos observado cerca de la hacienda de Lazo en el fondo de la barranca, donde la atraviesa en dirección NS. Algo más antigua parece ser la inyección basáltica que encontramos en la cañada de la Soledad, pues los filones de ella no atraviesan la rhyolita de la "Ceja."

Por otra parte, hemos visto fuera de la barranca, en el Valle de Guadalajara, que las faldas orientales de la Sierra de Venta, alineadas en toda la extensión, corresponden probablemente a una fractura, a lo largo de la cual, el trazo al Oriente, correspondiente a dicho Valle, se ha hundido considerablemente, mientras la Sierra de la Venta, con la ligera inclinación de sus capas hacia el W., forma el borde levantado, (o, mejor dicho, mantenido en su posición alta), de la depresión del Valle de Guadalajara.

Todos estos datos nos indican que la región alrededor de Guadalajara está atravesada por fracturas que corren N. 20° W., aproximadamente, y su formación, si no es de por sí relativamente moderna—lo que no se puede comprobar—por lo menos sigue todavía, pues algunas de ellas todavía son líneas

---

(1) Estas indicaciones sobre el curso del Río Grande se refieren a la parte cerca de Guadalajara y a causa que le obligaron a tomar este rumbo en tiempos no muy remotos. Quedan pendientes las averiguaciones y estudios interesantes y muy importantes sobre el curso antiguo de este río. Al S. de Guadalajara y en comunicación con la depresión que atraviesa hoy día el río, se extienden los valles de Zacoalco y Sayula, cuyos fondos tienen menor altura que el valle de Guadalajara. El valle Zacoalco con su prolongación hacia el W. (valle de San Isidro), está separado del valle de Talpa, tributario del Río de Ameca, por unas lomerías de poca altura. ¿Cuáles han sido las causas que obligaron al Río Grande a atravesar la Sierra Madre Occidental, desviándose hacia el N?

activas, es decir, que a lo largo de ellas se efectúan, aún hoy día, movimientos. A causa de que no está a la vista el subsuelo del relleno del Valle, y por la circunstancia de que en este relleno más o menos suelto, la continuación de las fracturas se pierde, no podemos fijarlas en el terreno; pero es de suponerse que hay varias líneas más o menos paralelas al Oriente (y Poniente) de la fractura principal, que está marcada por los descensos rápidos y alineados del lado oriental de la Sierra de la Venta. Esta última línea no ha sido activa durante los temblores de 1912, sino que los movimientos se efectuaron en una faja del Oriente de ella, pues los temblores no se hicieron notables en la zona de la Sierra de la Venta, ni aun se propagaron de un modo sensible, en esta dirección.

Podemos aceptar, sin temor de equivocarnos, que el origen del enjambre de temblores de Guadalajara del año de 1912, ha sido tectónico y los movimientos se han producido a causa del acomodamiento de los bloques alargados que resultan por el fracturamiento N. 20° W., aproximadamente, de la parte alta de aquella región de la costra terrestre.

El foco de las ondas sísmicas tenemos por lo tanto, o en él o en los planos que corresponden a estos fracturamientos; la fricción que resulta por el movimiento efectuado por el bloque a lo largo de estos planos, produce vibraciones que se propagan en todas direcciones. Pero estas vibraciones parece que no han sido bastante fuertes para ser sentidas por la gente, y solamente en el caso del choque de la mañana del primero de agosto de 1912, las ondas llegaron a registrarse en los sismógrafos de Zacatecas, Mazatlán y Tacubaya.

De estas vibraciones debemos separar los movimientos de los bloques mismos, sea que éstos, durante el proceso del acumulamiento, se hundan parejo en toda su extensión, o que este hundimiento se efectúe en un lado del bloque, mientras el otro quede en su posición. Todos estos movimientos deben sentirse en la superficie del bloque como choque más o menos fuertes, según el tamaño del hundimiento. (1).

Tomando en cuenta la extensión del área macrosísmica, debemos suponer que los fracturamientos, a lo largo de los cuales se efectuaron los movimientos, deben prolongarse hacia una profundidad mayor, que es a la que ha cortado hasta ahora el Río Grande, en la barranca del mismo nombre, pues los temblores se han sentido a ambos lados de este corte.

El hecho de que la intensidad de los movimientos demostró cierta irregularidad, sintiéndose el máximo de ella en los diferentes choques en lugares distintos, nos obliga a pensar en una migración del foco, o, más bien dicho, en hundimientos irregulares de los bloques en cuestión.

---

(1) Por disposición del señor Director del Instituto, el estudio de los sismogramas que nos podían dar cuenta sobre la forma de los movimientos, quedó reservado a los empleados de la Estación Sismológica Central de Tacubaya y se publicaron en los catálogos de la misma Estación.

V

ENJAMBRES DE TEMBLORES ANTERIORES

El enjambre de temblores que se registró en Guadalajara durante el año de 1912, no es el primero del que tenemos conocimiento de esta región. Sin tomar en cuenta períodos de temblores en siglos anteriores, anotamos los dos enjambres que causaron la consiguiente alarma en y alrededor de la Capital de Jalisco, durante el siglo pasado.

El año de 1844 se registraron temblores trepidatorios no muy fuertes, pero muy frecuentes desde el día 25 de marzo hasta el día 27 de mayo. De una memoria titulada "Dictamen que sobre el estado del volcán del Colli y los temblores que del 25 de marzo al 27 de mayo del presente año de 1844, se sintieron en la ciudad de Guadalajara, formó la comisión nombrada para el efecto, por el Gobierno del Departamento," y que está formada por Fr. Manuel de San Juan Crisóstomo y Joaquín Martínez (1), se deduce que este enjambre del año indicado no solamente había sido muy parecido al del año de 1912, por la forma en que los fenómenos se presentaron, sino también respecto a su intensidad y a la extensión del área conmovida. (2).

En el "Informe sobre los temblores de Jalisco y la erupción del volcán "Ceboruco," que presentaron Miguel Iglesias, Mariano Bárcena y Juan Ignacio Matute, al Ministerio de Fomento (3), hacen mención de estos temblores del año de 1844, en su catálogo de los principales temblores de Guadalajara (1. c. p. 202)—1844."—Del 27 de marzo al 25 de mayo (4), se sintieron repetidos temblores, que aunque no muy fuertes, sí alarmaron mucho por su repetición.

Más datos fidedignos tenemos sobre el enjambre de temblores que, con una sacudida muy fuerte, se inició el día 11 de febrero del año de 1875, repitiéndose los fenómenos sísmicos con mucha frecuencia hasta el principio de junio del mismo año.

---

(1) Impreso en "Informe y colección de artículos relativos a los fenómenos geológicos verificados en Jalisco en el presente año y en épocas anteriores." Guadalajara, 1875. Tomo II. (Edición oficial). Pág. 242 y siguientes.

(2) Los efectos psíquicos en los habitantes han sido parecidos también, lo que se deduce del siguiente párrafo copiado de la obra citada, pág. 283. En el año de 1818 a causa de algunos temblores "Hase dicho que Guadalajara está sobre una campana de arena...... Se quiere, por algunos otros, que esa campana sea compuesta de capas y que en cada sacudimiento se desprendan algunas, con lo que de día en día la costra es más delgada....... en el año de 18 (1818) cundió tanto esa idea, que puso en consternación a la gente; en su mayor parte no son ni físicos ni geólogos. Quién sabe adonde hubieran llegado las consecuencias de ese terror, si el señor don José de la Cruz, cuya memoria para Guadalajara es como la de Revillagigedo para México, no hubiera hallado recurso en su genio para evitarlas." "Sé que algunos *profetas*, decía en cuantas partes estaba y se habla de temblores, sé que algunos profetas nos anuncian que nos vamos a hundir; cuando yo sepa quienes son, los mandaré a Chapala (que en aquel tiempo era un presidio), para librarlos de la común desgracia." Enmudecieron los agoreros y quedó el pueblo en paz.

(3) Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Tomo I. México, 1877, pág. 115.

(4) En el original dice: "Abril," lo que es un error.

El informe sobre estos temblores, mencionado en el párrafo anterior (1), es bastante extenso, y nos proporciona muchas observaciones muy semejantes a las que nosotros pudimos hacer durante el período de los temblores de 1912. Si aun la forma en que se presentaron estos fenómenos (temblores trepidatorios de muy corta duración, acompañados muchas veces de ruidos subterráneos), era la misma que la de los temblores recientes, el área conmovida era más grande, la intensidad al parecer más fuerte y la zona pleistoseista aquella vez se extendió más hacia el N., donde en la zona de mayor intensidad, alrededor de San Cristóbal de la Barranca, hubo destrucciones de carácter catastrofal. Debajo de los escombros del pueblo mencionado, que se destruyó casi por completo con el primer movimiento de 8 h. 23 m. p. m. del día 11 de febrero perecieron 25 personas y quedaron gravemente heridas otras tantas.

La zona en que se sintió este primer choque, fué limitada por la comisión, de la manera siguiente: "Hacia el N., hasta Chalchihuites y Sombrerete, cerca de Durango. Al E., hasta San Luis Potosí y León. Al S., hasta Sayula. Al W., hasta Tepic, cerca del mar Pacífico"..... Otras varias poblaciones lo habían sentido, más o menos, como Zacatecas, Tlaltenango, Tequila, Ahuacatlán e Ixtlán, siendo de notarse que algunas otras no lejanas a los volcanes, no sintieran nada, como Ameca, Mascota y Colima."

Como se ve, la extensión del área conmovida por el primer temblor del día 11 de febrero de 1875, ha sido mucho más grande que la que alcanzara cualquier movimiento en 1912, y queda en duda si no se trataba aquella vez de un temblor de otro carácter, que coincidió con el principio del período de los temblores locales que le siguieron durante varios meses, limitándose, como los recientes, a una zona mucho más reducida. La hipótesis que da la Comisión en el informe citado, para explicar el fenómeno, ya no podemos aceptar, y podemos recordar a este respecto las palabras de don Pablo de la Llave, que ponen de lema a su dictamen aludido, los señores Fr. Manuel de San Juan Crisóstomo y Joaquín Martínez: "Querer explicar los fenómenos de la naturaleza, cuando no hay datos suficientes, es una temeridad." Y en aquel tiempo si hubo sismógrafos que hubieran permitido separar fenómenos sísmicos de diferente origen, como con toda seguridad eran los movimientos locales sentidos alrededor de la Capital de Jalisco y los temblores, de los cuales: "el puerto de Manzanillo sintió uno, con demasiada violencia, el día 24 (febrero), a las 9 h. 10 m. p. m......., que no llegó a Guadalajara," o el del 9 de marzo, que "fué el que movió una extensión mayor de la República, Zacatecas, Sombrerete, Aguascalientes, León, México, Morelia, Manzanillo y todo el litoral, hasta el N. de San Blas, sienten el movimiento. Mascota, que había sufrido poca cosa hasta entonces, deplora en ese día la caída de su iglesia, y de algunas de sus fincas, siendo la población que ha recibido mayores males, después de San Cristóbal. Colima ve caer también algunas de sus casas. De Manzanillo se cuenta que es el mayor temblor que se haya sentido en el presente siglo. Ameca, que hasta entonces había quedado impasible en medio de estos continuos vaivenes, se sorprende con esta convulsión terrestre, que causa allí ligeros daños." 1. c. p. 131 y 132.

Este temblor del día 9 de marzo había emanado probablemente de un foco conocido muy poco todavía, pero hasta la fecha algo activo, que se en-

(1) Anales del Ministerio de Fomento. México. 1877.

cuentra cerca de Mascota o Autlán y no tiene nada que ver con los temblores locales de Guadalajara.

Si de esta manera el estudio citado, sobre todo respecto a la explicación del fenómeno ya no nos puede satisfacer—y se comprende esto, porque la ciencia ha progresado—los datos que se refieren a las sacudidas locales son de sumo interés, y nos llevan a las conclusiones que las fracturas supuestas en las páginas anteriores se prolongan hacia el N., pasando las que en 1875 eran más activas, cerca de San Cristóbal, mientras que las fracturas y bloques que entraron en actividad en 1912 se encuentran más al E. de la mencionada, y que su actividad esta vez se limitaba al Valle de Guadalajara. (1).

(1) Por conducto del señor Gobernador supe que en Mazamitla (9.° Cantón), al SE. de Guadalajara se había sentido un temblor oscilatorio el día 4 de junio de 1912 a las 11 h. 45 p. m.; como los sismógrafos de la Estación en el parque de San Rafael no funcionaron bien en este día, no se puede decir si había de suponerse una relación entre los movimientos locales de Guadalajara y este temblor aislado o si se trataba de un foco independiente parecido al de Mascota o Autlán.

VI

ENJAMBRES DE TEMBLORES EN OTRAS REGIONES

Es un hecho bien conocido que los movimientos de bloques en la costra terrestre no se efectúan por lo regular de un solo golpe, sino que son precedidos de cierta inquietud sísmica, que algunas veces se hace sensible, aun a los habitantes en forma de temblores precursores más o menos fuertes; además, se sabe que los temblores fuertes seguidos por movimientos que pueden perdurar durante mucho tiempo de "after shocks" o temblores sucesivos. Sobre todo, con la ayuda de los aparatos modernos, nos podemos dar cuenta de esta serie de movimientos. En su origen no se distinguen éstos de los fenómenos que nos hemos acostumbrado a llamar enjambre de temblores. Sin embargo, conviene conservar el nombre aplicándolo para aquellos grupos de temblores que se registran en algunas regiones limitadas de la tierra y que están caracterizadas por el gran número de choques de una intensidad mediana o débil, que en ciertas épocas se dejan sentir.

En México, además de la región central de Jalisco, parece haber varias de tales regiones, de las cuales una de las más activas es la del Istmo de Tehuantepec (1), pero los ejemplos más característicos para esta clase de temblores se conocen del Viejo Mundo. En primer lugar tenemos que anotar aquí los enjambres de temblores que se registran frecuentemente en Vogtland, en Sajonia y en el Erzgebirge, en Bohemia, y que han sido objeto de estudios desde la segunda mitad del siglo pasado, por parte de H. Credner y otros. Constantemente se han repetido en las comarcas citadas estos fenómenos, y lo que (2) Credner dice de los dos enjambres de julio y agosto de 1900, se puede generalizar y aplicar a todos estos grupos de temblores. Dice el mencionado geólogo:

"Ruidos subterráneos, parecidos a truenos o retumbos, inician los enjambres de temblores; siguen durante algunos días, primeramente, pocos; más tarde, más choques de intensidad variable y ruidos subterráneos, hasta que las sacudidas llegan a un máximum en forma de uno o dos choques fuertes. Después principia a disminuir la intensidad de los movimientos más o menos rápidamente, y con intercalaciones de unos períodos en los

---

(1) Pedro C. Sánchez y Manuel Rangel: "Informe acerca de los temblores de la ciudad de Tehuantepec, presentado a la Secretaría de Fomento." Anales del Ministerio de Fomento. 11, 1898, p. 143-155.

(2) Hermann Gredner: Zeitschrift die gesammten Naturwissenschaften, 48 Bd. 1876 und, Abhandl. Und Sitzungsber der sächsischen Gesell für Wissenschaften. Leipzig, 1898-1904.

Friedrich Becke: Mitteilungen der Erdbeben-Commission der kaisl. Akademie des Wiss. in Wien. "Bericht über das Graslitzer Erdbeben, 24. Okt. bis 25 Nov. 1897." Sitzungsber der math.-naturw. Classe der kaisl. Ak. der Wissensch. CVII. Bd. Wien, 1898, p. 789.

Victor Uhlig: "Bericht über die seismischen Ereignisse des Jahres 1900 in den deutschen Gebieten Böhmens," kaisl. Akad. d. Wissens. in Wien. Mitteilungen der Erdbeben-Commission. Neue Folge. No. III, Wien, 1901.

cuales se reaviva la energía sísmica. Paulatinamente los períodos de calma o de movimientos débiles se ponen más largos: durante días enteros no se efectúa ningún movimiento, hasta que después de una última sacudida débil, acompañada de ruidos subterráneos, renace la calma completa. En los dos grupos (de 1900), la intensidad crece irregularmente y con interrupciones, hasta llegar a un máximum para decrecer de la misma manera irregular y por saltos." (1).

En esta región de Sajonia, "en los años de 1875-1897, se han sentido 38 temblores algo fuertes y un sinnúmero de sacudidas débiles; también en los años siguientes se registraron centenares de vibraciones débiles, que interrumpieron épocas relativamente largas de calma."

Otro ejemplo de enjambres de temblores conocemos del pequeño pueblo de Grossgerau, situado entre Dermstadt y Maguncia, en Alemania, donde, en los años de 1869-1873, un gran número de sacudidas (en un día se contaron 112 vibraciones), no muy fuertes, conmovió una comarca bien reducida; también en esta ocasión se había observado que los puntos o las zonas donde se sintieron cada uno de estos choques con más intensidad, no eran siempre los mismos, sino que cambiaron. (2).

Otro enjambre de temblores se inició el día 27 de febrero de 1870, en Klana, cerca de la costa de Dalmacia, en Austria, y los movimientos se repitieron casi diariamente hasta el mes de julio del mismo año. (3).

El enjambre de temblores más numeroso se conoce de la provincia griega Phokis, donde duraron los movimientos los años de 1870-1873. "Como estos movimientos de la tierra perduraron 3 1|2 años, podemos decir, sin exageración, que en el epicentro se efectuaron por lo menos 1|2-3|4 de millón de fenómenos sísmicos, entre los cuales 300 eran temblores fuertes y peligrosos que causaron destrucciones, más o menos 50,000 choques comunes, que no llamaron grandemente la atención de los habitantes, y 1|4 de millón de detonaciones. Los demás fenómenos eran vibraciones débiles y ruidos, que se percibieron solamente durante la noche." (4).

---

(1) Credner: "Die vogtländischen Erdbebenschwärme während des juli und des August 1900." Ber über die Verh. der köngl. sächsischen Ges. d. Wissensch. zu Leipzig., Math.-phys. Classe, XXV Bd., Leipzig, 1900, p. 175.

(2) J. Noeggerath: "Die Erdbeben im Rheingebiet in den Jahren 1868-1869 und 1870." Verh. der naturh. Ver. der preuss. Rheinlande und Westphalens XXVII. Bonn. 1870, p. 50.

El autor cita como otros temblores del mismo carácter: "Enjambres de temblores que se registraron desde el 18 de noviembre de 1755, (de este modo 17 días después del terremoto de Lisboa) hasta el día 19 de noviembre de 1756 en los alrededores de Aquisgrán. Düren Colonia, etc., en Alemania; los del Valle de la Visp en Suissa del 25 de julio de 1755 hasta mediados de noviembre de 1756" y menciona los grupos de temblores que anota Humboldt en su Cosmos del descenso oriental de la cordillera del Mont Cenis (1808) de los Estados Unidos del Norte, entre Nueva Madrid y Little Prairie (al N. de Cincinati), en diciembre de 1811 y durante todo el invierno de 1812 y la época sísmica de Cumana en 1766, que duró 16 meses y otros más.

Añadimos que en 1868, en el mes de marzo, se registraron en Hawai 2,000 movimientos sísmicos.

(3) D. Stur: "Das Erdbeben von Klana in Jahre, 1870." Jahrb. d. Geol. Reischs., T. XXI, p. 231. Viena, 1871 y R. Hoernes: "Erdbebenstudien," en la misma publicación., T. XXVII, p. 421. Viena, 1878.

(4) Julius Schmidt: Studien über Vulkane und Erdbeben (Studien über Erdbeben, 2 Ausg.) Leipzig, 1881, p. 118, citado según R. Hoernes: Erdbebenkunde, Leipzig, 1893, p. 204.

Por último, anotamos una serie de sacudidas que se han experimentado en 1911 en la región al N. de Charleroi, en Bélgica, y que por las dimensiones reducidas de la comarca conmovida, se asemejan a los enjambres de temblores de Guadalajara. En cambio hubo allá mucho menos movimientos y también su intensidad fué menor. Es interesante ver que también estos temblores han sido relacionados con fallas conocidas y que se ha calculado la profundidad del foco en 300 m. debajo de la superficie de la tierra. (1).

(1) R. Cambier: "Les tremeblements de terre de Ransart (Mars, Juin, Juillet, 1911)." Ann. de la Soc. Geol. de Belgique. Tome XXXIX. 1er. libraison, Liege, 1912, pág. 897.

VII

LA PERIODICIDAD EN ESTOS FENOMENOS SISMICOS

Sin entrar a la discusión del problema de la periodicidad de los temblores en lo general, problema muy complejo y, por lo tanto, a causa de la falta de observaciones completas que abarcan un espacio de tiempo suficiente, todavía no en condiciones de ser solucionado, tenemos que decir algunas palabras sobre la periodicidad que se ha querido ver en los temblores de Guadalajara.

Hay que hacer primeramente una distinción entre la periodicidad de los enjambres de los grupos de temblores de cada uno de estas enjambres.

Como hemos visto, en el siglo pasado se habían registrado en dos épocas fenómenos muy parecidos a los que tratamos en este informe: en el año de 1844 y en 1875. Añadiendo a estas fechas la de 1912, vemos que el período de calma, después de 1844, duró 31 años, y el de después de 1875, 37 años. Se comprende perfectamente que estos dos datos no nos pueden servir para ver en ellos una prueba de periodicidad, aun si se añaden los datos sobre temblores anteriores que nos proporcionan las "Efemérides Sísmicas Mexicanas," (1) de Orozco y Berra, de los años de 1770, 1771 y 1806.

Tomando como seguros estos datos, tendríamos los siguientes intervalos:

(1770-1771)	- 1806	=	35 años
1806	- 1844	=	38 años
1844	- 1875	=	31 años
1875	- 1912	=	37 años.

No cabe duda que llama la atención que estos intervalos sean todos entre 30 y 40 años; pero, por otra parte, se ve claramente que las diferencias son tan grandes y el número de intervalos es tan reducido, que es imposible aprovecharlos para conocer la ley de periodicidad que rige estos fenómenos, si tal ley existe.

Además de estos períodos de una sismicidad más activa y prolongada, se han registrado en Guadalajara y en sus alrededores enjambres de temblores menos intensos y menos numerosos, como, por ejemplo, en los años de 1877: (abril 28, noviembre 5); 1878: (marzo 20, 22; mayo 25; abril 1.° y 28. Diciembre 9 y 10; 18, 21, 23 hasta 25 y 30). (Orozco y Berra, 1. c. páginas 443-450.) Todos los datos de tiempos, en los cuales no existían todavía aparatos registradores y el cronista apuntó solamente los movimientos que a él parecían por cualquier circunstancia de interés, son sumamente deficientes para la solución de un problema tan complejo como es el de la sucesión de períodos de temblores.

Por otra parte, prescindiendo de estos pequeños períodos, no está de acuerdo la duración de los intervalos arriba anotados, con lo que se ha creído ver en otras comarcas, ni con los datos que, con observaciones, al parecer,

(1) Juan Orozco y Berra: Mem. Soc. Alzate. T. I, 1887-88, p. 303-537.

amplias, se ha calculado respecto a una supuesta periodicidad sísmica mundial. Referente a esta última, cito solamente dos hipótesis: la primera busca una relación entre los fenómenos sísmicos y las manchas solares, que tienen un período medio de 11 años (5-17 años), con los cuales, como se sabe, van de acuerdo ciertos disturbios magnéticos de nuestro globo.

La segunda se refiere a ciertas constelaciones entre la tierra, la luna y el sol; pero tampoco puede satisfacer, puesto que "las posiciones relativas de luna y sol respecto a la tierra, se repiten después de 18 años, $11\frac{1}{3}$ o $12\frac{1}{3}$ días (según el número de años bisiestos)." (1)

Respecto a la periodicidad de fenómenos sísmicos en otras comarcas, podemos citar, por ejemplo, los resultados que obtuvieron algunos sismólogos de Italia, es decir, de un país donde la historia presta más datos dignos de fe que ningún otro. "En el año de 1899, el célebre Cancani creyó poder asegurar que, por lo menos, los temblores que se registraron y registran en las regiones alrededor del Mar Adriático, demuestran cierta ley de sucesión. El había estudiado todas las tradiciones desde el año de 873 y estaba persuadido que terremotos fuertes repetían en aquella zona con cierta aproximación cada cien años, y que éstos siguen menos fuertes después de 23 años. Cancani mismo atribuyó a estos números ninguna precisión, pues contaba con un error posible de 14 años para el primer período y de 10 años para el segundo. Ultimamente los dos sismólogos, Agamemnone y Cavasino publicaron en los "Atti della Reale Academia dei Lincei," en Roma, un estudio, en que completan y continúan el trabajo de Cancani. Sus investigaciones abarcan un espacio de tiempo de más de 2,200 años, y de ellas resulta un período medio de sucesión de 102 años; pero hay que tomar en consideración que las tradiciones de los tiempos más remotos son tan poco seguras, que aún con las investigaciones más concienzudas no se puede obtener datos fidedignos, según los dos sismólogos. En las regiones de Le Marche y de la Romagna se habían registrado 17 terremotos muy fuertes desde 268 a. c. hasta 1897, con intervalos medios de 119 años. 36 temblores menos fuertes parece indican un período de 41 años. Según todo esto, hasta ahora no se puede hablar de una sucesión sujeta a reglas o leyes. Si existe tal sucesión ordenada, hasta la fecha la ciencia no ha podido encontrar las leyes que la rigen." (2)

Mencionamos, además, los estudios que hizo Omori a este respecto de los temblores en el Japón (3), y citamos por fin las autorizadas palabras de Montessus de Ballore: "Por consiguiente, una constancia en la actividad sísmica es poco admisible; según lo que se puede deducir parece únicamente que las variaciones de la actividad son de una lentitud comparable a la de las transformaciones sucesivas de la costra terrestre, de tal manera, que para manifestarse necesitan períodos de tiempo considerable, y en comparación con estos períodos de tiempo que abarcan nuestras observaciones, es insignificante." (4)

Otro problema tampoco resuelto hasta ahora, es el muy discutido que se refiere a la cuestión en qué estación del año se efectúan principalmente

(1) M. P. Rudzki: "Physik der Erde." Leipzig, 1911, p. 2.

(2) "Die Eerdbebenwarte" de A. Belar, t. IX, Laibach, 1910, p. 68.

(3) Omori: "Notes on the great earthquakes in Japon." Trans. seism. soc. of Japon, 1885, III, p. 65.

(4) Montessus de Ballore: "La Science seismologique." París, p. 232.

los temblores. Sin ocuparnos detenidamente de este asunto, apuntamos solamente que los enjambres de temblores de Guadalajara en los últimos períodos, demuestran cierta constancia a este respecto, pues todos se efectuaron en la primera mitad del año, abarcando una vez parte del invierno y durando toda la primavera, y en dos casos también el verano, como lo indica la lista siguiente:

Los datos de los años 1770 y 1771 son muy incompletos y no prestan ninguna seguridad (véanse Orozco y Berra, 1. c. p. 335).

1806, desde el 25 de marzo hasta junio (1. c. p. 357-358).
1844, desde el 27 de marzo hasta el 27 de mayo (1. c. p. 374).
1875, desde el 11 de febrero hasta el 30 de septiembre (1. c. p. 427).
1912, desde el 8 de mayo, con interrupciones, hasta 16 de septiembre (1).

Por otra parte, se ha creído ver cierta ley en la sucesión de los temblores en cada uno de los enjambres; pero también esta ley, si acaso existiere, lo que es a priori poco probable, no se puede deducir de la única serie medianamente completa que existe, pues fuera de los datos instrumentales de fines de mayo hasta mediados de septiembre de 1912, no hay datos que pudieran servir de base para tales especulaciones. En la lám. XXXII damos una "gráfica" (2), de estos temblores, que nos demuestra el aumento y la disminución de la energía sísmica en todos los intervalos de calma. La primera parte de esta "gráfica" es incompleta, porque contiene solamente los movimientos que sintieron los habitantes de Guadalajara, mientras que desde los últimos días de mayo ya se pudieron aprovechar los datos proporcionados por los péndulos Wiechert, establecidos a este objeto en el Parque de San Rafael, cerca de San Pedro, a unos 5 km. de Guadalajara.

Los movimientos que se registraron durante el enjambre de temblores de 1912, se reparten, como se ve en la grafita, en tres grandes grupos, separados entre sí por períodos relativamente largos de reposo completo, o, por lo menos, de una intensidad sísmica sumamente débil.

El primero de estos grupos principió el día 8 de mayo y se terminó el día 8 de junio.

El período de reposo en el cual se registraron solamente unos cuantos movimientos muy ligeros el día 19, el 26 y 27 de junio, y unos instrumentales apenas perceptibles en los primeros cuatro días, y el día 8 del mes de julio se prolongó hasta el día 9 de este último mes, en el cual principió el segundo grupo de temblores, que se acabó el día 2 de agosto.

El segundo período de reposo, en el cual hubo solamente movimientos sumamente débiles, registrados por los sismógrafos, a excepción de una sacudida un poco más fuerte el día 18 de agosto, duró hasta el día 30 del mismo mes.

El último grupo de temblores intensos se inició el día 31 de agosto y terminó el día 10 de septiembre.

---

(1) En el año de 1879 hubo un enjambre de temblores menos prolongado en el mes de diciembre. (Orozco y Berra, 1 c., p. 450.)

(2) Este sistema gráfico para demostrar la marcha de la actividad sísmica durante un enjambre de temblores, fué usado por primera vez por V. Uhlig en su trabajo ya citado, titulado: "Bericht über die seismischen Ereignisse des Jahres 1900 in den desschen Gabieten Böhmens." Mitt. der Erdbeben-Commissionder Akademie der Wissenschen in wien, N. III. Viena, 1901.

En los meses siguientes hubo otros ligeros movimientos de vez en cuando, sin que su intensidad aun aproximadamente hubiera alcanzado la de los temblores de los tres grupos anteriores.

Examinando estos períodos respecto a su duración, obtendremos los siguientes datos:

I.—Grupo de temblores desde 8 de mayo hasta 8 de junio = 32 días.
I.—Período de reposo desde 9 de junio hasta 8 de julio = 30 días.
II.—Grupo de temblores desde 9 de junio hasta 2 de agosto = 25 días.
II.—Período de reposo desde 3 de agosto hasta 30 de agosto = 27 días.
III.—Grupo de temblores desde 31 de agosto hasta 10 de septiembre=11 días.

Claramente se observa que la duración de los tres grupos de temblores va disminuyendo rápidamente en la relación aproximada de 3:2, 3:1.

Es de sentirse que no tengamos datos tan exactos sobre el primer grupo de temblores como los tenemos sobre el segundo y tercero, pues si contáramos con estos datos se podría establecer esta relación con más exactitud, y, además, sería posible saber qué relaciones existen entre los números de movimientos registrados de cada grupo y la intensidad sísmica desarrollada por ellos. Desgraciadamente como nos faltan tanto el registro instrumental del primer período, cuanto los datos relativos al funcionamiento de los aparatos recién establecidos, y, además de esto, debido al desnivel que sufrió frecuentemente el instrumento por las sacudidas fuertes, sus indicaciones no fueron precisas, esta vez no se puede deducir dichas relaciones con números exactos.

En cambio se observa desde luego que tanto la duración como el número de choques y su intensidad va disminuyendo desde el primer hasta el tercer período de enjambre de 1913; es ésta una propiedad de todos los períodos de actividad sísmica, bien conocida y estudiada, sobre todo para las réplicas de grandes temblores. (1).

De acuerdo con esta disminución de la energía sísmica en los 3 grupos del enjambre, se esperaría un aumento en la duración de los períodos de reposo, lo que aparentemente no tuvo lugar (30 días el primero y 27 el segundo período). Pero sí notamos que en el primer período de calma se registraron más movimientos instrumentales que en el segundo; lo que demuestra que es cierto el decrecimiento de la energía, compensando da esta manera algo la desproporción en la duración de los dos períodos de reposo.

Si comparamos la gráfica de enjambre de temblores de 1913, con la del año de 1875 (2), se ve claramente que no hay ninguna semejanza entre el desarrollo de la actividad séismica de estos dos períodos.

Este resultado era de esperarse, pues además de lo complejo que es el

(1) Véanse los interesantes estudios de Omori: "Notes on the After shoks of the Hokaidon Earthquake of March 22 und 1894." No. 4 Publications of the Earthquake Investigation Commitee in Foreing Languages, Tokyo, 1900 y "Note on the after-shoks of the Mino-Owari-Earthquake of the Oct. 28th 1891," en núm. 7 de la misma publicación. Tkyo, 1902.

(2) Hemos construído esta gráfica con los datos macrosísmicos incompletos probablemente, que nos proporciona Orozco y Berra en su obra citada, pág. 427-442, ampliando de esta manera los datos de Iglesias, Bárcena y Matute. (1 c., p. 197 y siguientes.)

fenómeno en sí, hay que tener presente que el foco principal de los temblores de 1875 estaba cerca de San Cristóbal; mientras que en 1913 este foco no se mostró activo y todos los movimientos emanaron de unos focos cerca de Guadalajara; sin embargo, debemos de advertir que aun en el desarrollo de la energía sísmica durante los tres grupos de temblores no se observa ninguna semejanza. El primer grupo principió con 5 choques fuertes y 27-30 medianos y ligeros, que se registraron en el espacio de 3 días. Después de 2 días de calma, siguieron 2 fuertes y unos 8 ligeros, en 24 horas. Con el día siguiente principió un período de calma de 11 días de duración, en el cual se notaron solamente al fin del primero un movimiento ligero y varios todavía menos fuertes el quinto día. Siguió un día con un movimiento fuerte y varios ligeros y después un intervalo de uno o dos días en que se registraron otros cuatro movimientos ligeros, concluyó el primer período con una sacudida fuerte y varias menos intensas, 7 días después del último choque fuerte.

Completamente diferente aspecto tiene el segundo grupo, que principia el día 9 de julio con dos movimientos medianos, a los que siguen el día 10 y 11, 1 mediano, 1 fuerte y otro mediano. La calma de los 5 días siguientes queda interrumpida al tercer día por un movimiento ligero, y en los días 17 y 18 se registraron solamente sacudidas ligeras. El 19 se notaron una intensa, un choque muy fuerte; y en descenso un fuerte, un mediano y un ligero en el espacio de menos de 2 horas. En los días 20 y 21 hubo 3 y 5 movimientos, respectivamente, y en los 22-23 solamente instrumentales. Durante los días 24, 25, 26 y 27 se registraron unos pocos ligeros, y después de la calma del día 28 se sintió el último movimiento intenso del 29, al cual siguieron sacudidas ligeras el día 30, 31 (4 movimientos), y la del día 2 de agosto.

En el tercer grupo se registraron movimientos ligeros, a excepción del primer día (31 de agosto), que fué intenso, seguido por uno muy fuerte al siguiente día 1.º de septiembre. Después de una calma relativa de 4 días, se sintieron dos movimientos fuertes el día 6, uno el día 8 y otro, el último, el día 10.

Los datos de que disponemos hasta ahora en México para tratar si existe o no una coincidencia entre los temblores y fenómenos meteorológicos y cósmicos, son todavía insuficientes; y este es el caso también respecto a los temblores de Guadalajara. El profesor V. Conrad, quien dispuso de un material muy completo de observaciones sísmicas y meteorológicas referentes a Austria, que abarcan los años de 1897 hasta 1907, en su último estudio ha podido establecer las siguientes tres conclusiones, obtenidas por métodos matemáticos, y que de cierta manera probablemente tienen un carácter universal. Dice el profesor Conrad:

"1.—He podido demostrar que no hay ninguna relación entre la frecuencia de temblores de Austria y la repartición general de la presión atmosférica en Europa.

"2.—Tampoco me dió un resultado positivo el estudio acerca de una periodicidad de la frecuencia en el espacio de 6 a 40 días, espacio que sobre todo comprende el conjunto de los períodos posibles de la luna.

"3.—Por medio del cálculo de probabilidades, he podido comprobar que ciertas distribuciones de presión, caracterizadas por fuertes pendientes baro-

métricas, en su paso por comarcas austriacas con líneas sísmicas habituales, pueden ser causas determinantes de temblores." (1).

Réstanos añadir que los movimientos registrados en 1912 en Guadalajara, parecen ser completamente independientes de otros movimientos sísmicos de focos cercanos, aun si éstos son bastante intensos, lo que demuestra a las claras la poca influencia que pueden tener fuerzas ajenas sobre el desarrollo de la actividad sísmica local.

Se registraron en Guadalajara, para dar solamente ejemplos, los siguientes temblores, ajenos al foco local de la Capital de Jalisco:

El día 22 de julio, a las 3 (9 h., 36 m., 47 s., tiempo de G.), de la mañana, un temblor doméstico, que ha sido registrado en Tacubaya a las 9 h., 47 m., 39 s. (tiempo de Greenwich), con una distancia epifocal de 550-600 km. (Foco de Autlán?), y precisamente el día 22 de julio era uno de los del segundo período, durante el cual hubo menos movimientos locales en Guadalajara, pues se registró solamente uno, de muy mediana fuerza, a las 7 h., 19′ de la noche.

El temblor de Turquía, del día 8 de agosto, se registró perfectamente en Tacubaya, lo mismo que en Guadalajara; sin embargo, la actividad del foco de esta última zona no aumentó, habiendo solamente, dos horas después de haber pasado las ondas de dicho terremoto, un ligerísimo movimiento instrumental, como los hubo frecuentemente en los demás días de este segundo período de calma del foco de Guadalajara.

Otro temblor cercano se registró en Guadalajara el día 18 de agosto, a las 2 h., 42′ p. m. (en Tacubaya, a las 21 h., 20′ 39″, hora de Greenwich, con una distancia epifocal de 387 km.), sin que en el foco de Guadalajara hubiese causado movimientos propios. Una sacudida apenas sensible se había registrado a las 8 h., 53 a. m., es decir, 6 horas antes, y después no hubo ningún movimiento hasta el día 20 de agosto, marcando el aparato un temblor instrumental a las 12 h., 18′ p. m. de este día.

Dos horas después de un temblor doméstico del día 30 de agosto (Guadalajara, 7 h., 30′ a. m.) ; (14 h., 06 m., 47 s., Tacubaya) ; 14 h., 04 m., 23 s., tiempo medio de Greenwich) ; (distancia epifocal, 650-700 km.), se registró en Guadalajara un temblor local apenas sensible; como se ve, tampoco este temblor vecino ha influenciado directamente la actividad del foco de Guadalajara; sin embargo, anotamos la coincidencia, que con el temblor de 9 h., 47 a. m. del mencionado día 30 de agosto, principió el tercer período de actividad del foco de Guadalajara.

El día 11 de septiembre se registró en Guadalajara un temblor de foco cercano, a las 10 h., 07 p. m., sin que hubiera tenido una resonancia en el foco de Guadalajara. Lo mismo pasó con otro temblor de igual carácter que marcaron los sismógrafos de Guadalajara, a las 10 h., 47 a. m. del día 16 de septiembre.

(1) Prof. V. Conrad: "Die zeitliche Verteilung der in den Jahren 1897 bis 1907 in den österreichischen Alpen-und Karstländern gefünlten Erdbeben. (Ein Beitrag zum Studium der sekundar auslösenden Ursachen der sekundar auslösenden Ursachen der Erdbeben.) II Mitteilung., Mitt. d. Erdb-Com. der kaisl. Ak. d. Wissensch. in Wien. Neue Folge. No. XLIV, Viena, 1912.

VIII

MEDIOS DE DEFENSA CONTRA LAS DESTRUCCIONES OCASIONADAS POR LOS TEMBLORES EN LAS CONSTRUCCIONES

Como hemos visto, la región en que está situada, Guadalajara se halla expuesta a sufrir todavía sacudimientos más o menos repetidos. Por lo regular estos movimientos no son de una intensidad muy grande, sin que se pueda excluir naturalmente por completo la posibilidad que uno u otro de estos choques pueda adquirir mayor intensidad; pero no hay probabilidad de que esto suceda, porque más bien parece notarse también en los enjambres de temblores de Guadalajara una disminución de intensidad con el curso del tiempo, lo que se observa más o menos en todo fenómeno sísmico actual.

En cambio, no es la fuerza de los choques lo que perjudica en este caso tanto, sino la frecuencia de los movimientos que, aunándose, causan daño.

No necesitamos tratar aquí los efectos que puedan tener en el terreno, pues, como hemos visto, que éstos son de muy poco monte. Más peligro corren naturalmente los edificios que se encuentran situados en la zona pleistoséista, y hay que procurar, por lo tanto, que éstos estén construídos de un modo apropiado, con cimientos buenos, material resistente y de una manera concienzuda, y que, además, se procure tenerlos siempre en un estado de buena conservación. Pero como esto toca más bien al ingeniero que al geólogo, nos limitaremos a reproducir del libro de William Herbert Hobls, intitulado "Erdbeben" (1), la lista de obras que tratan sobre las construcciones apropiadas para países donde el peligro de los temblores exige, como en Guadalajara, precauciones de esta índole:

En las páginas anteriores ya hemos tenido ocasión de referirnos a la obra clásica del Conde Montessus de Ballore: "L' art de construire dans les pays a tremblements de Terre." (2).

En esta obra importante se encuentra una lista muy extensa de estudios anteriores que tratan sobre este ramo de la sismología práctica, y, por lo tanto, podemos restringirnos a la enumeración de obras posteriores.

F. de Montessus de Ballore: "L' art de batir dans les pays a tremblements de Terre." 34° Congrés des Architectes Francais. L'Architecture, 193 Année, 1906, pp. 1-31.

F. de Montessus de Ballore. "Efectos del terremoto del 18 de abril de 1906, sobre las cañerías de agua y las acequias de la ciudad de San Francisco (California)." Santiago de Chile, 107, pp. 1-34.

A. L. Hinnmlwrigh t,C. E., "The San Francisco Earthquake and Fire, a brief history of the disaster, a presentation of facts and resulting phenomena, with special references to the efficiency of building materials, lessons

(1) Hobbs: Erdbeben eine Einführung in die Erdbeben-Kunde" Erweiterte Ausgabe in deutscher Ueber-setzung von Prof. Dr. Julius Ruska. Leipzig, 1910, páginas 176 y 177.

(2) Gerlands Beiträge zur Geophysik, Vol. VII. Leipzig, 1905, p. 137-285.

of the disaster." The Roebling Construction Co., Publishers, New York, 1906, pp. 270.

Wm. B. Gester, C. E., "Reinforced concrete in the carthquake." Cement and Engineering News, Vol. 18. 18, 1906, p. 120.

T. F. Osborn, C. E., "Concrete construction and the San Francisco disaster" ibid., p. 121.

G. K. Gilbert, R. L. Humphrey, J. S. Sewell and Frank Soulé. "The San Francisco earthquake and fire of april 18 1906, and their effects on structures and structural materials. Bulletin U. S. Geological Survey N. 234, 1907, pp. 1-170.

A general committée and six special committees of the San Francisco Association of members of the American Society of Civil Engineers. "The effects of the San Francisco earthquake of april 18th, 1906, on engineering constructions" Trans. Am. Soc. Civ. Eng., Vol. LIX, 1907, pp. 208-329.

Charles Derleht. J. "Destructive exent of the California earthquake, yts effects upon structures and structural materials with in the earthquake belt." Article written specially for "The California Earthquake of 1906, A. M. Robertson, Publisher San Francisco, 1907, pp. 72-212.

F. de Montessus de Ballore, "La science seismologique." París, 1907, pp. 456-542.

Mario Baratta, "Le nuove costruzioni in Calabria dopo il disastrose terremoto dells, 8 settembre 1905." Boll. Soc. Sismol. Ital., Vol. XII, 1908, pp. 249-337.

Wm. H. Hobbs, "A. study of the damage to bridges during earthquakes." Jour. Géol., Vol. XVI, 1908, pp. 636-653.

F. Omori "Experiments on the vibration of brick columns." Bull. E. I. C., Vol. II. No. 3, 1908, pp. 223-228.

State Earthquake investigation Commission, "The California Earthquake of april 18, 1906." Vol. I, part. II, pp. 255-350. (Carnegie Institution of Washington, 1908).

CONCLUSIONES

La región central del Estado de Jalisco y en ella, sobre todo el Valle de Guadalajara, ha sido conmovido varias veces por temblores poco fuertes, pero alarmantes y perjudiciales, por el gran número de movimientos que se registraron, formando en su conjunto lo que en sismología se llama "Enjambre de Temblores."

Si aún se nota cierta regularidad aparente en su repartición en el tiempo, pues se repitieron estos enjambres en los últimos 150 años cada 30 ó 40, hasta ahora es imposible decir si están sujetos a una ley de periodicidad o no, y, por lo tanto, mucho menos se puede desarrollar tal ley tomando como base el número insuficiente de datos de que disponemos.

El estudio geológico de los alrededores de Guadalajara y de la barranca del Río Grande, nos conducen a la opinión que el origen de los temblores es tectónico y que las sacudidas se efectuaron por el movimiento de bloques alargados en dirección NW. (es decir, paralelos a la topografía de la Sierra Madre, al W. de la zona conmovida, y a la costa del Pacífico, en esta parte de la República), que se hunden y acomodan a lo largo de fracturas que

tienen la misma dirección. Una de estas fracturas pasa al pie E. de la Sierra de la Venta, pero esta línea no ha sido activa en 1912. Los temblores de dicho año resultaron, al parecer, del acomodamiento de bloques más al E. de la mencionada línea.

Como estos bloques se movieron de una manera poco uniforme, efectuándose el movimiento de sus partes a diferentes tiempos, el movimiento no se sintió con la mayor intensidad siempre en la misma zona, sino sucedió lo que se llama "migración del foco," sin que para nuestro caso la palabra foco sea muy apropiada. (1).

El corte natural de la barranca del Río Grande, estudiado por nosotros desde Oblatos hasta San Cristóbal, no es bastante profundo para comprobar el origen tectónico de los temblores, puesto que nos revela solamente la sucesión de las capas que forman el relleno de la antigua depresión del relieve en esta parte. Como estas capas son de poca dureza y en gran parte de materiales más o menos sueltos, las fracturas que hay debajo no se prolongan hacia éstas. El relieve antiguo solamente queda descubierto en sus prominencias, exclusivamente volcánicas, que por su disposición no demuestran claramente la existencia de tales líneas de fracturamiento. Por otra parte, los bloques cuyos movimientos causaron los enjambres de temblores de Guadalajara, deben hallarse a mayor profundidad que a la que llega al corte de la barranca, porque las sacudidas se registraron a los dos lados de él en la misma forma.

Un capítulo del estudio está dedicado a los períodos anteriores de temblores de Guadalajara y los compara a estos fenómenos con los de otros puntos del país, y con algunos estudiados ya desde hace mucho tiempo en Europa.

La comparación de la gráfica del enjambre de temblores habidos en 1875 en Guadalajara con la del año de 1912, y el estudio de ésta, nos lleva a la conclusión que no hay ninguna semejanza en el desarrollo de la intensidad sísmica en los diferentes períodos, ni en cada uno de los grupos del enjambre de 1912.

---

(1) Los movimientos sentidos en Guadalajara y en sus alrededores fueron probablemente los movimientos mismos del bloque que se acomodaba y, por lo tanto, no se puede aplicar bien en este caso la palabra foco. Para las ondas que nacen de este movimiento del bloque, naturalmente que hubo un foco; pero la amplitud de estas ondas ha sido tan pequeña que no fueron percibidos por los habitantes que viven en los alrededores del bloque movido, y solamente las ondas del fuerte temblor de la mañana del 1.° de septiembre llegaron a registrarse en los sismógrafos de Zacatecas, Mazatlán y Tacubaya y esto de una manera muy débil.

Hablando de las ondas elásticas, Rutzki propone que se restrinja la palabra "foco del temblor" para el lugar bi o tridimensional del cual emanan estas ondas sísmicas y que se use la palabra "hipocentro" solamente para el punto representativo que necesitamos para los cálculos. (Rutzki "Physik der Erde." Leipzig, 1911.)

Nos referimos aquí otra vez a la interesante conferencia que dió Albert Heim en la tercera reunión de la Comisión permanente de la Asociación Internacional de Seismología en Zermatt, en que dijo: "Todavía nos hace falta un aparato que nos indique y mida la dislocación efectuada y perdurable que la distinga de las oscilaciones elásticas." (1 c., p. 149.)

Sacristía de la Iglesia de Zoquipan. Unión defectuosa de un arco con una pilastra

Lámina I

CROQUIS
DE LOS ALREDEDORES DE
GUADALAJARA
Y DE LA
BARRANCA DE RIO GRANDE

ESCALA 1:200,000

Rio Grande de Santiago

Sierra Sta Cruz

Milpillas

Soledad

Sayulilla

Ixtlahuacan

Cuesta

Sta Lucia

Tesistán

Mascuala

Rio Verde

Tequila

La Venta

Zapopan

Atemajac

Batan

Huentitan

Oblatos

Zoquipan

Colomos

Mesquitán

Jocotan

GUADALAJARA

San Andres

San Rafael

San Pedro

Tetan

Tonala

Talepozco

La Junta

Sierra de la Venta

Sta Maria

Santa Ana

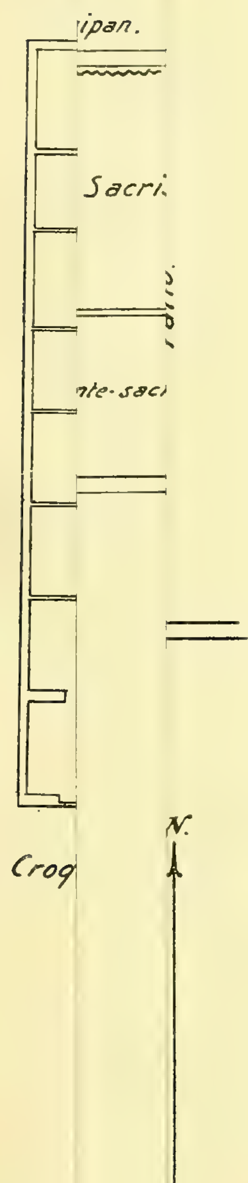
Puente Grande

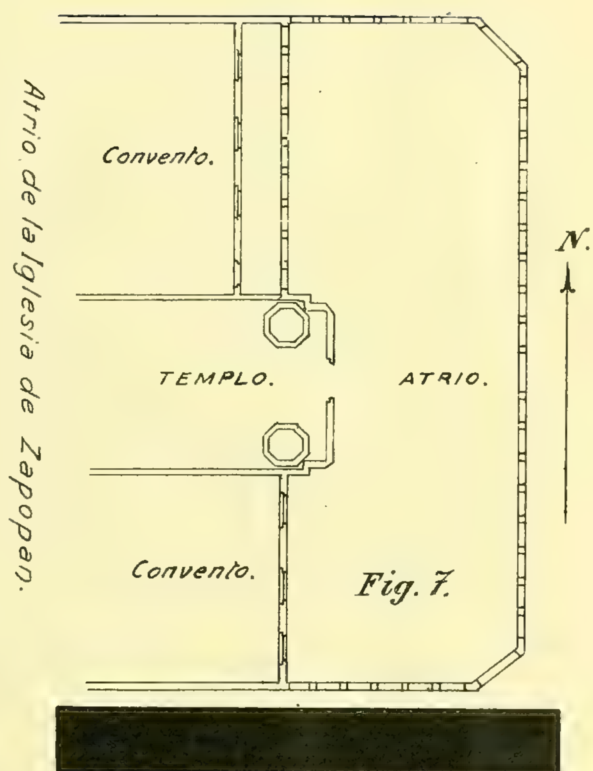
● ■ Lugares donde se sintieron muchos movimientos y hubo destrucciones.

○ □ Lugares donde se sintieron solamente los temblores mas fuertes.

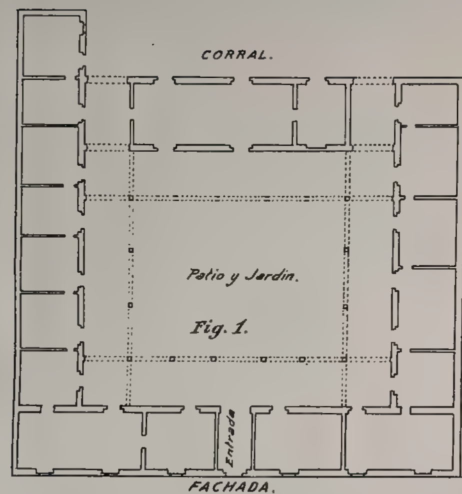
\+ Estación Seismológica

Lámina II.

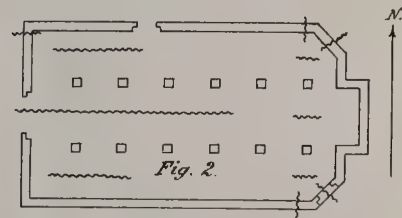




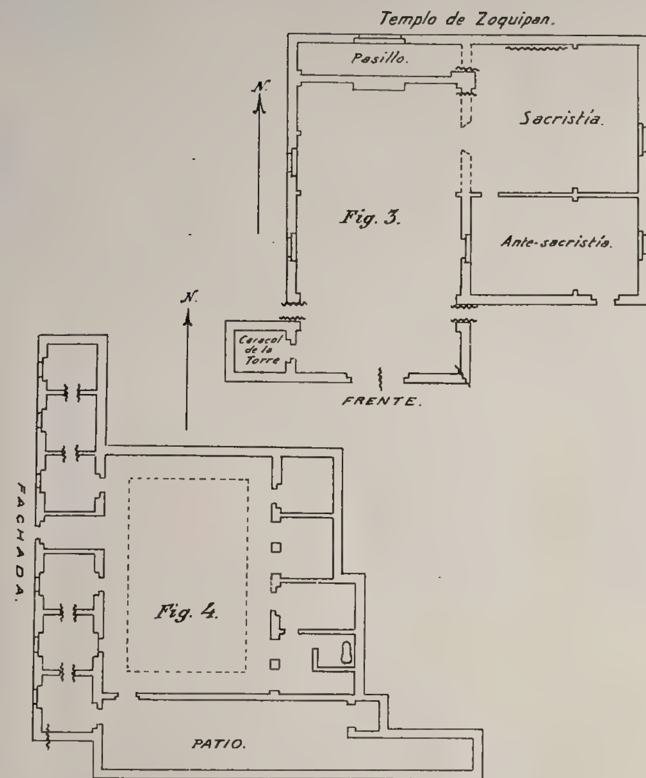
[redacted]



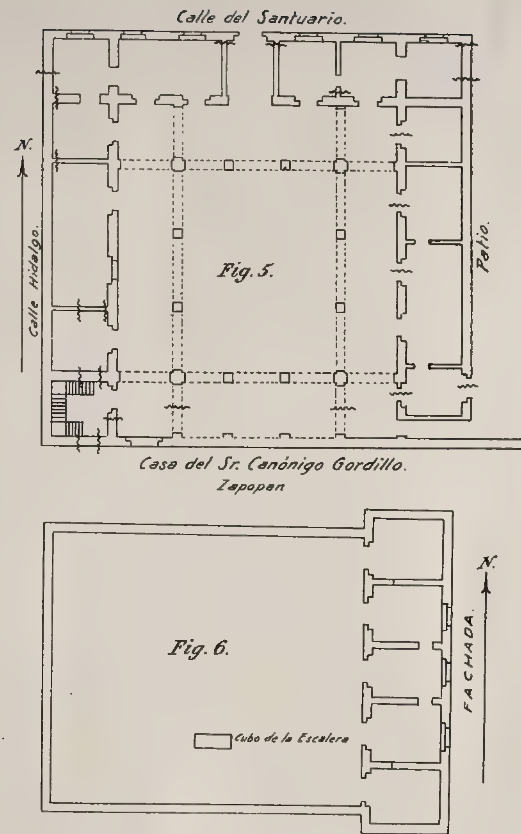
Croquis de una casa tipo de Guadalajara. Jalisco.



Templo de San Miguel de Mesquitán.

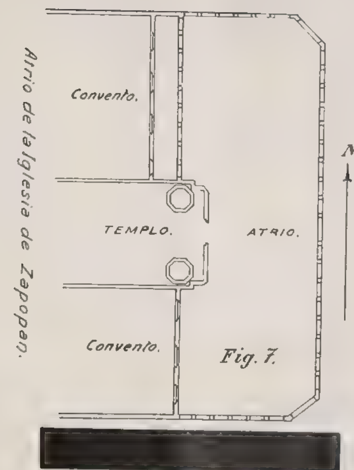


Casa de la Señora Herminia Magdalena
Calle de Solís N° 29. Zapopan. (Frente al Santuario.)



Casa del Sr. Canónigo Gordillo.
Zapopan

Croquis del tercer piso de la Casa de la Hda. de
San Antonio del Valle.



[redacted]

Lám. III.



Interior de la casa. Avenida Corona 73. Cuarteadura de la planta alta a causa de falta de sostén en la planta baja

Lám. IV.



Sacristía de la Iglesia de Zoquipan. Unión defectuosa de un arco con una pilastra



Bóveda cuarteada del Orfanatorio de la Madre de los Desamparados. En Zapopan

Lám. VI.



Manicomio de Zapopan. El muro maestro a la derecha (N.) está colocado sobre el terraplenado artificial



Muro de tabiques huecos, de la planta alta de la hacienda de San Antonio del Valle (en construcción), caído hacia el N. por el temblor del 8 de mayo de 1912.

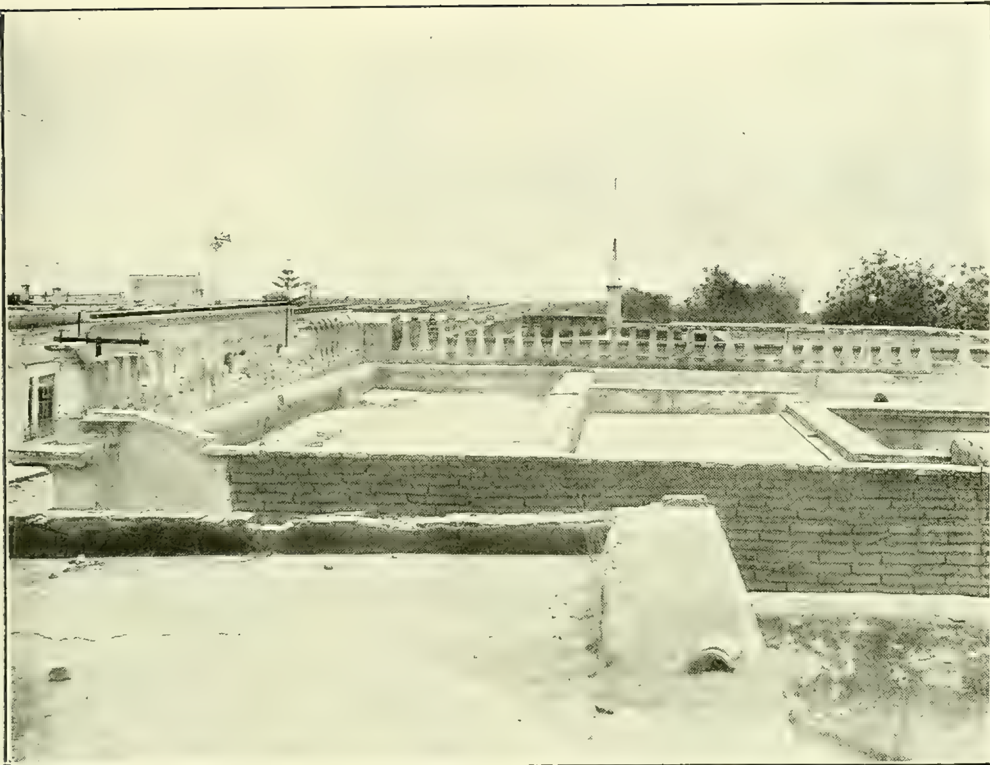
Lám. VIII.



Torre S. del Santuario de Zapopan. Adorno caído en dirección N. 67° W.



Iglesia del Sagrado Corazón, en Zapopan. La bola que estaba como adorno encima del remate de la fachada, cayó en dirección S. 35° E.



Balaustrada en la azotea de la casa que forma la esquina SW. de las calles del Santuario y de Hidalgo, en Zapopan



Detalle de la balaustrada de la casa que forma la esquina SW. del crucero de las calles del Santuario y de Hidalgo, en Zapopan

Lám. XII. (a)



Alteración de la rhyolita vítrea en el cerro del Coll, lado S. en el segundo escalón

Lám. XII. (b)



El Coll visto desde la hacienda de San Antonio. Cerca de Guadalajara



Estructura de separación en abanico en la rhyolita vítrea del lado S. del cerro Mazahuate

Lám. XIV.



Piedra pez y obsidiana muy parecidas a las rhyolitas vítreas del Coll, en la barranca de Oblatos, a un lado del camino de Guadalajara a la planta eléctrica de La Junta.



Las tobas rhyolíticas estratificadas en capas de diferente consistencia y dureza arriba del basalto superior del segundo escalón en la barranca de Oblatos, en el camino de Oblatos a la planta de La Junta.



Las Barrancas del Río Verde (a la izquierda) y del Río Grande de Santiago (a la derecha) desde cerca de su confluencia arriba del puente de Arcediano

Lám. XVII.

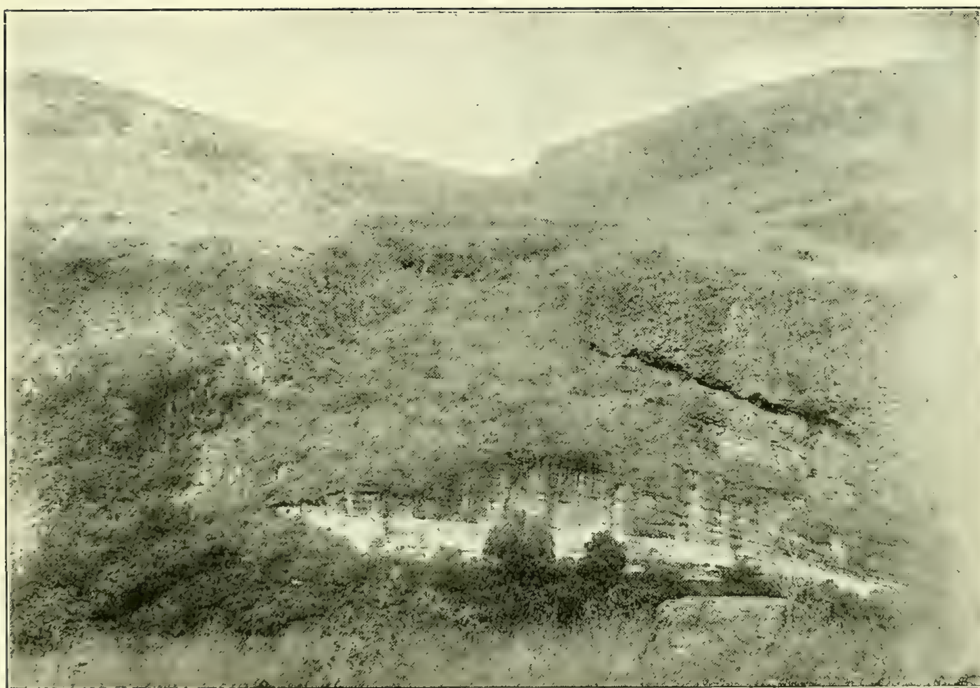


Principio de la capa de rhyolita en la barranca del Río Grande, entre Puente de Arcediano y la hacienda de Ibarra

Lám. XVIII.



La rhyolita formando altos acantilados en la barranca del Río Grande, cerca de la hacienda de Ibarra



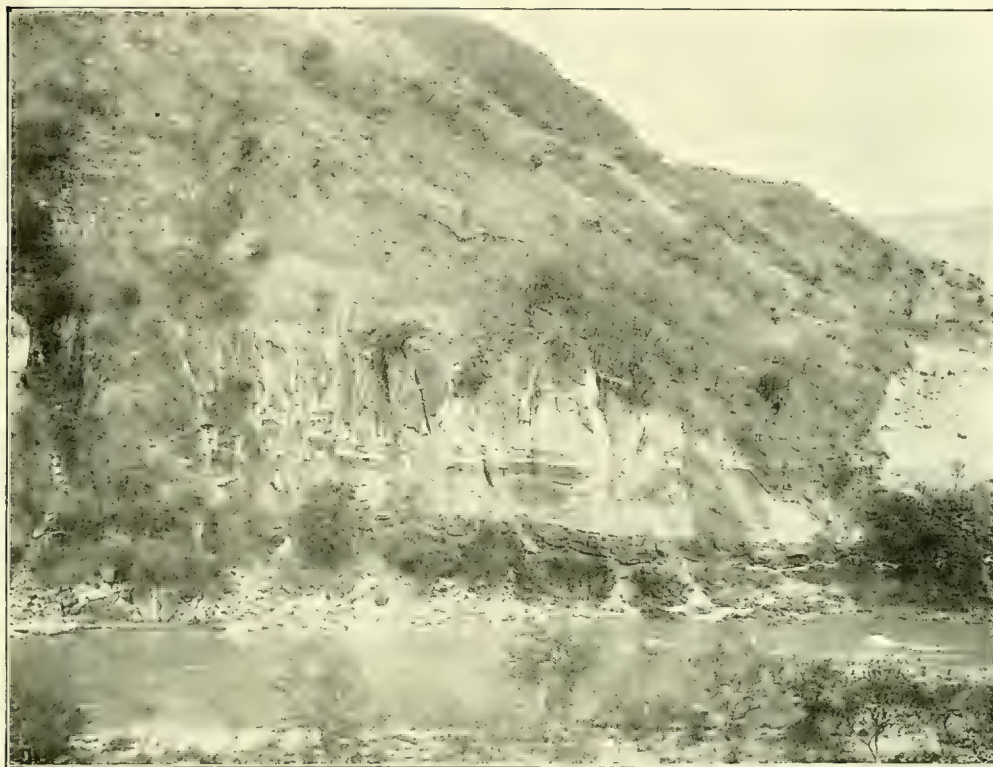
Lado izquierdo de la Barranca de Piedras Negras, visto desde el punto donde principia la bajada del camino de Huentitán a la hacienda de Ibarra
A la izquierda de la tubería que va a la planta eléctrica, se nota una fractura marcada por la arboleda



El corte de la barranca del Río Grande a través del volcán antiguo de Maxcuala



Sobreposición de una corriente rhyolítica y de tobas horizontales sobre las capas inclinadas del cerro de Maxcuala
Lado izquierdo del Río Grande, arriba de Lagunita



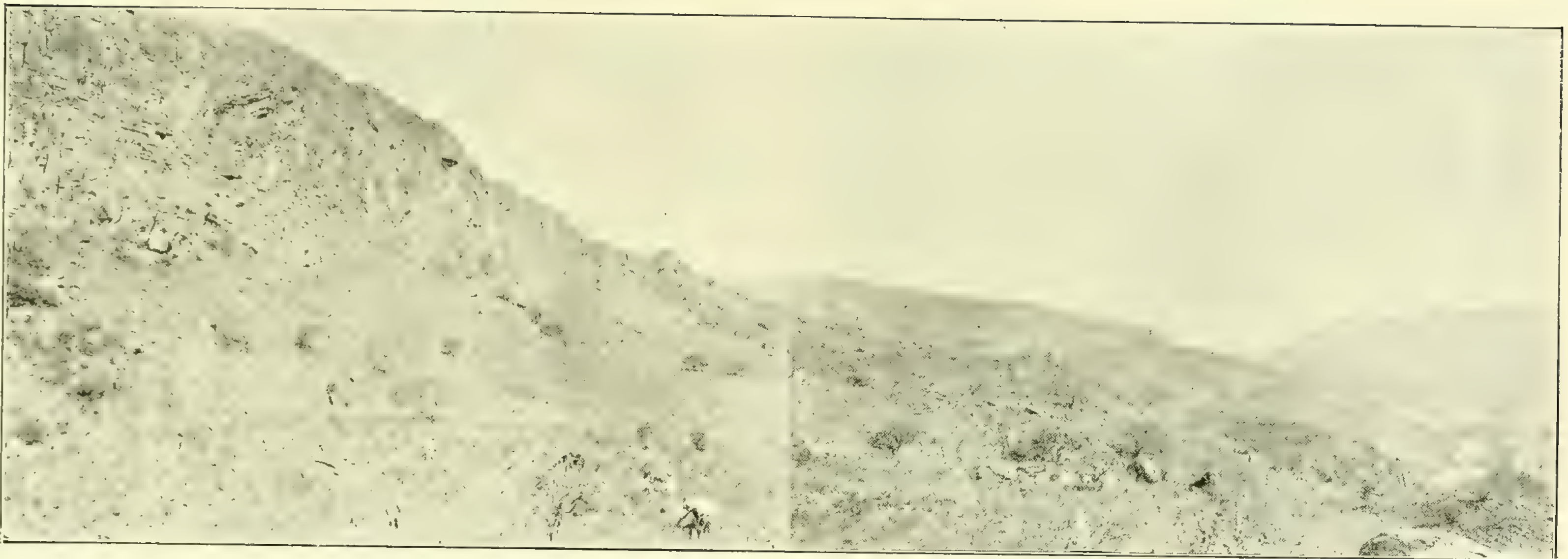
Parte de las capas basálticas del casquete del cerro de Maxcuala, entre la hacienda de Lazo y Puentillo



Detalles del casquete del cerro de Maxcuala, entre la hacienda de Lazo y Puentillo



Dique que atraviesa el fondo de la barranca del Río Grande en la hacienda de Lazo



Separación en la rhyolita de la "Ceja," entre Ixcatán y la hacienda de La Soledad.
A la derecha parte del Cerro Alto

Lám. XXVI.



Las aguas termales de La Caldera en terrenos de la hacienda de La Soledad

Lám. XXVII.



Formas de erosión en la rhyolita de la "Ceja."—Mesa del Rodeo entre la hacienda de San Lorenzo y Escalón

Lám. XXVIII.



A la izquierda las capas inclinadas del Cerro Alto, que se prolongan al lado izquierdo de la barranca donde están cubiertos hacia el E. por las capas horizontales del relleno del valle y la rhyolita. Vista de la Mesa del Rodeo.

Lám. XXIX.



Vista de la Mesa del Rodeo hacia el N. En el fondo a la derecha las mesas escalonadas del cerro de San Juan de los Núñez

Lám. XXX.



Cerro del Embarcadero enfrente de San Cristóbal de la Barranca, terreno poco resistente de la serie de tobas basálticas de la parte inferior del Cerro Alto

Lám. XXXI.



El Mogote del Aguacate en la cañada del río de Cuixtla. "Testigo" de una capa de tobas, antes muy extensa, comida en su mayor parte por la erosión

Lámina 32. (1)

RA EN 1912.

Fue

Alg

Mei

Mu

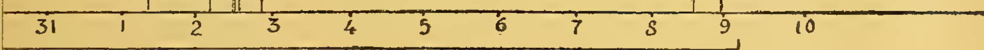


Lámina 32. (1)

EL PRIMER GRUPO DE LOS TEMBLORES DE GUADALAJARA EN 1912.

SEGÚN DATOS MACROSEISMICOS.

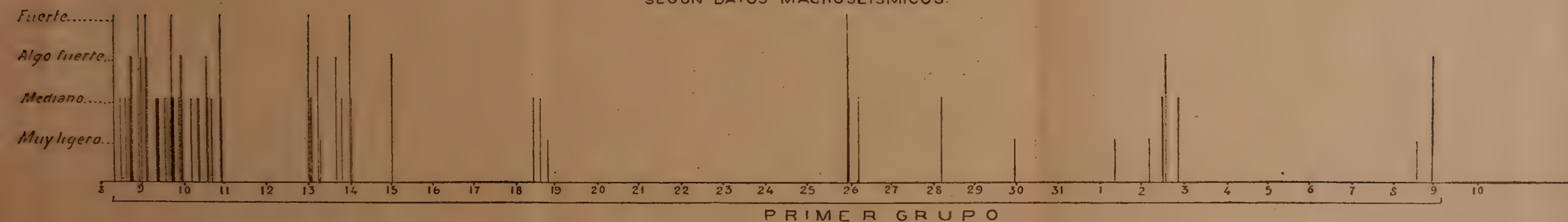


Lámina 32. (2)

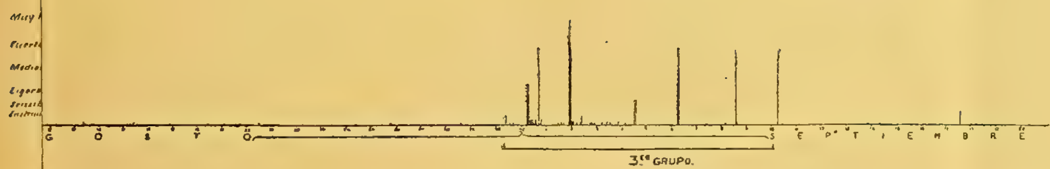


Lámina 32. (2)



GRÁFICA DE LOS TEMBLORES DE GUADALAJARA, SEGÚN LOS DATOS INSTRUMENTALES, EN 1912

Lámina 32. (3)

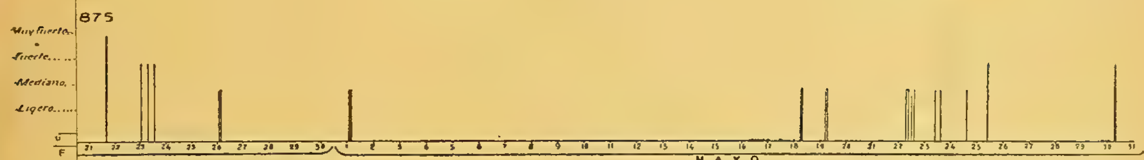


Lámina 32. (3)

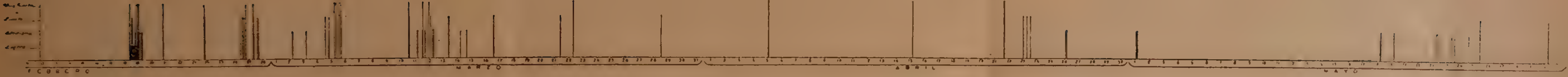

GRÁFICA DE LOS TEMBLORES DE GUADALAJARA SEGUN OROZCO Y BERRA. (Cr) EN 1875
FEBRERO
MARZO
ABRIL
MAYO

Lámina 32. (4)

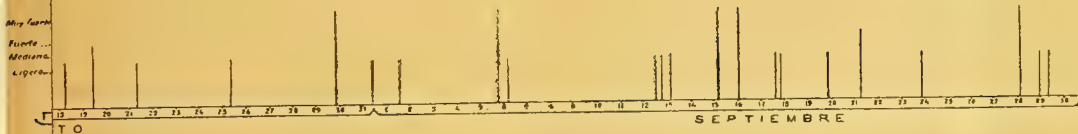
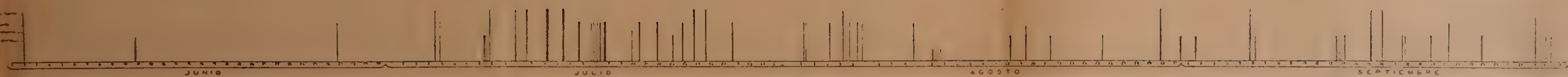


Lámina 32. (4)



INDICE

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN

* Núm. 1.—Fauna Fósil de la Sierra de Catorce, por A. del Castillo y J. G. Aguilera.—1895.—56 págs., 21 láms.
* Núm. 2.—Las Rocas Eruptivas del SO. de la Cuenca de México, por E. Ordóñez.—1895.—46 págs., 1 lám.
* Núm. 3.—La Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán, por C. Sapper.—1896.—58 págs., 6. láms.
* Núms. 4, 5 y 6.—Bosquejo Geológico de México.—1897.—272 págs., 5 láms.
* Núms. 7, 8 y 9.—El Mineral de Pachuca.—1897.—184 págs., 14 láms.
* Núm. 10.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, por R. Aguilar y Santillán.—1898.—158 págs.
* Núm. 11.—Catálogos sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por José G. Aguilera.—1898.—158 págs.
* Núm. 12.—El Real del Monte, por E. Ordóñez y M. Rangel.—1899.—108 págs., 26 láms.
* Núm. 13.—Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México, por Emilio Böse.—1899.—54 págs., 3 láms.
* Núm. 14.—Las Rhyolitas de México. (Primera parte), por E. Ordóñez.—1900.—78 págs., 6 láms
* Núm. 15.—Las Rhyolitas de México. (Segunda parte), por E. Ordóñez.—1901.—78 págs., 6 láms.
* Núm, 16.—Los criaderos de fierro del Cerro del Mercado en Durango, por M. Rangel, y de la Hacienda de Vaquerías, Estado de Hidalgo, por J. de Villarello y E. Böse.—1902.—144 págs., 5 láms.
* Núm. 17.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, completada hasta 1904, por R. Aguilar y Santillán.—1904.—XIII.—330 págs.

Núm. 18.—Descripción Histórica de la Red Sismológica, por M. Muñoz Lumbier.—68 págs., 11 láms. y 18 figs.—1919.
Núm. 19.—Los temblores de Guadalajara en 1912, por Paul Waitz y Fernando Urbina. 83 págs. y 32 láms.
Núm. 20.—Reseña acerca de la Geología de Chiapas y Tabasco, por el Dr. E. Böse.—1905.—116 págs., 9 láms.
Núm. 21.—La Faune Marine du Trias Supérieur de Zacatecas, par le Dr. C. Burckhardt avec la collaboration du Dr. S. Scalia.—1905.—44 págs., 8 láms.
Núm. 22.—Sobre algunas faunas terciarias de México, por el Dr. E. Böse.—1906.—96 págs., 12 láms.
Núm. 23.—La Faune jurassique de Mazapil, Zac., par le Dr. C. Burckhardt.—1906.—216 págs., 43 pls.
Núm. 24.—La fauna de moluscos del Senoniano de Cárdenas, S. L. P., por el Dr. E. Böse.—1906.—95 págs., 18 láms.
Núm. 25.—Monografía Geológica y Paleontológica del Cerro de Muleros, cerca de Ciudad Juárez, Estado de Chihuahua, y descripción de la Fauna Cretácica de la Encantada, cerca del Placer de Guadalupe, Estado de Chihuahua, por el Dr. E. Böse.—1910.—196 págs., 50 láms.

* Núm. 26.—Algunas regiones petrolíferas de México, por el Ing. J. D. Villarello.—1908.—122 págs., 22 láms.

Núm. 27.—La Granodiorita de Concepción del Oro en el Estado de Zacatecas y sus formaciones de contacto, por el Dr. Alfred Bergeat.—1910.—109 págs., 9 láms. y 15 figs.
Núm. 28.—Las aguas subterráneas en el borde meridional de la Cuenca de México, por el Ing. J. D. Villarello.—12 láminas y un croquis geológico (1:100,000).—Informe sobre las aguas del río de la Magdalena, por el Prof. J. S. Agraz. 1911.—89 págs.
Núm. 29.—Faunes jurassiques et crétaciques de San Pedro del Gallo, Durango, par le Dr. C. Burckhardt.—1912.—264 páginas. 46 pls.
Núm. 30.—Sobre algunas faunas del Cretácico superior de Coahuila y regiones limítrofes, por el Dr. E. Böse.—56 págs., 8 láminas.—1913.
Núm. 31.—La Flora Liásica de la Mixteca Alta, por G. R. Wieland.—162 págs.—50 láms.—1914.
Núm. 32.—La zona megaséismica Acambay-Tixmadejé, Estado de México, estudiada por F. Urbina y H. Camacho.—125 páginas, 75 láms.—1913.
Núm. 33.—Faunas jurásicas de Symon y Faunas cretácicas de Zumpango del Río, por el Dr. C. Burckhardt. (En prensa.)

* Núm. 34.—Descripción de unas plantas Liásicas de Huayacocotla, Veracruz.—Algunas plantas de la Flora Liásica de Huauchinango, Puebla, por Enrique Díaz Lozano.—1916.—18 págs., 9 láms.
* Núm. 35.—El Petróleo en la República Mexicana, por el Ing. de Minas, M. Bustamante.—1918.—216 págs., 37 láms., 2 cartas y 2 perfiles.

Núm. 36.—La Seismología en México, por Manuel Muñoz Lumbier.—1918.—102 págs. y 32 láms.

PARERGONES

* Tomo I. Núm. 1.—Los Temblores de Zanatepec, Oax.—Estado actual del Volcán de Tacaná, Chiapas, por Emilio Böse.—1903. 25 págs., 4 láms.
* Núm. 2.—Fisiografía, Geología e Hidrología de los alrededores de La Paz, Baja California, por E. Angermann.—El área cubierta por la ceniza del Volcán de Santa María, octubre de 1902, por Emilio Böse.—1904.—26 págs., 3 láms.

Núm. 3.—El Mineral de Angangueo, Michoacán, por E. Ordóñez.—Análisis de una muestra de granate del Mineral de Pihuamo, Jalisco, por J. D. Villarello.—Apuntes sobre el Peleozoico en Sonora, por E. Angermann.—1904.—34 págs., 2 láms.

* Núm. 4.—Estudio de la teoría química propuesta por el Sr. Andrés Almaraz, para explicar la formación del Petróleo de Aragón, México, D. F., por J. D. Villarello.—El fierro meteórico de Bacubirito, Sinaloa, por E. Angermann.—Las aguas subterráneas de Amozoc, Puebla, por E. Ordóñez.—1904.—24 págs., 1 lám.
* Núm. 5.—Informe sobre el temblor del 16 de enero de 1902 en el Estado de Guerrero, por los Dres. E. Böse y E. Angermann. Estudio de una muestra de mineral asbestiforme procedente del Rancho del Ahuacatillo, Distrito de Zinapécuaro, Estado de Michoacán, por el Ing. J. D. Villarello.—1904.—26 págs.
* Núm. 6.—Estudio de la Hidrología subterránea de la región de Cadereyta Méndez, Estado de Querétaro, por el Ing. J. D. Villarello.—1904.—58 págs., 2 láms.

Núm. 7.—Estudio de una muestra de Grafita de Ejutla, Estado de Oaxaca, por el Ing. J. de Villarello.—Análisis de las cenizas del Volcán de Santa María, Guatemala, por el Ing. E. Ordóñez.—1904.—26 págs.

* Núm. 8.—Hidrología Subterránea de los alrededores de Querétaro, por el Ing. J. D. Villarello.—1905.—55 págs., 8 láms. y 2 figuras.

Núm. 9.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el Ingeniero E. Ordóñez. (Primera parte).—1905.—54 págs, 1 plano y 4 láminas.
Núm. 10.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el Ing. E. Ordóñez. (Segunda parte).—1905.—45 págs., 3 planos y 8 láms.

* Tomo II. Núm. 1.—Explicación del Plano Geológico de la Región de San Pedro del Gallo, Estado de Durango, por el Dr. Phil. Ernesto Angermann.—Sobre la Geología de la Bufa, Mapimí, Estado de Durango, por Ernesto Angermann, Dr. Phil.—Notas Geológicas sobre el Cretáceo en el Estado de Colima, por el Dr. E. Angermann.—1907. 35 págs., 3 láms.
* Núm. 2.—Sobre algunos fósiles Pleistocénicos recogidos por el Dr. E. Angermann, en la Baja California, por el Dr. E. Böse.—Sobre la aplicación de la Potasa cáustica a la preparación de fósiles, por Emilio Böse y Victor von Vigier.—Sobre las rocas fosforíticas de las Sierras de Mazapil y Concepción del Oro, Zacatecas, por el Dr. Carlos Burckhardt.—1907.—31 págs., 1 lám.
* Núm. 3.—El Volcán Jorullo, por el Ing. de Minas Andrés Villafaña.—1907.—58 págs., 8 láms.
* Núms. 4, 5 y 6.—El temblor del 14 de abril de 1907, por el Dr. Emilio Böse e Ingenieros A. Villafaña y J. García y García.—1908.—124 págs., 43 láms. y 1 cuad.
* Núm. 7.—El Valle de Cerritos, Estado de San Luis Potosí, por el Ingeniero Ezequiel Ordóñez, págs. 263-273.—Fuente termal en Cuitzeo de Abasolo, Estado de Guanajuato, por el Ing. Andrés Villafaña, págs. 277-287, láms. LVI-LVII.
* Núm. [illegible].—Estudio Hidrológico de la región de Río Verde y Arroyo Seco, en los Estados de San Luis Potosí y Querétaro, por el Ing. Trinidad Paredes, págs. 289-337. láms. LVIII.—1909.

Núm. 9.—Hidrología subterránea de los alrededores de Pátzcuaro, Estado de Michoacán, por el Ing. J. D. Villarello, págs. 339-362.—El hundimiento del Cerro de Sartenejas, en los alrededores de Tetecala, Estado de Morelos, por el Ingeniero T. Flores, págs. 363-384, láms. LIX a LXII.—1909.

* Núm. 10.—Catálago de los temblores (macroseismos) sentidos en la República Mexicana, durante los años de 1904 a 1908, págs. 389-467.—1909.

* Tomo III. Núm. 1.—El Pozo de Petróleo de Dos Bocas, por el Ing. J. D. Villarello, págs. 5-112, láms. I-XXX[illegible]

Núm. 2.—Estudio Geológico de los alrededores de una parte del Río Nazas, en relación con el proyecto de una [illegible] el Cañón de Fernández, por el Dr. C. Burckhardt e Ing. J. D. Villarello, págs. 117-135, láms. XXVII-[illegible]—1909.

Núm. 3.—Estudio Hidrológico del Valle de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo, por el Ing. Trinidad Paredes, pá[illegible], láminas XXXVII-XLIV.—Catálogo de los temblores (macro y microseismos) sentidos en la República Mexicana, durante el primer semestre de 1909, págs. 173-199.—1909.

Núm. 4.—Hidrología subterránea de la Comarca Lagunera del Tlahualilo, por el Ing. J. D. Villarello, págs. 201-251, láminas XLV-XLVIII.—1910.

Núm. 5.—Nuevos datos de la Estratigrafía del Cretácico en México, por el Dr. E. Böse, págs. 257-280.—Nuevos datos sobre el Jurásico y el Cretácico en México, por el Dr. C. Burckhardt, págs. 281-301.—1910.

Núm. 6.—Estudio Geológico de la región de San Pedro del Gallo, Durango, por el Dr. C. Burckhardt, págs. 307-357, láms. XLIX-LI. (Plano Geológico, 1:25,000) y 9 figs.—Plesiosaurus (Polyptychodon?) Mexicanus Wieland, por el Dr. G. R. Wieland, págs. 359-365, láms. LII.—1910.

Núm. 7.—Informe acerca de una excursión geológica preliminar efectuada en el Estado de Yucatán, por Jorge Engerrand y Fernando Urbina, con la colaboración del Ing. J. Baz y Dresch, págs. 369-424, láms. LIII-LXXIV.—Estudio químico y óptico de una labradorita del Pinacate, Sonora, por el Ing. Y. S. Bonillas, págs. 425-432, lám. LXXV. 1910.

Núm. 8.—Catálogo de los temblores (macroseismos) sentidos en la República Mexicana y microseismos registrados en la Estación Seismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el segundo semestre de 1909, págs. 435-[illegible].—1911.

Núm. 9.—Reconocimiento de algunos criaderos de fierro del Estado de Oaxaca, por Y. S. Bonillas, págs. 499-524, láms LXXVI-LXXIX.—1911

Núm. 10.—Catálogo de los temblores (macroseismos) sentidos en la República Méxicana y microseismos registrados en la Estación Seismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el año de 1910, págs. 257-571.—Microseismos registrados en las Estaciones Seismológicas de Mazatlán y Oaxaca, de agosto a diciembre de 1910, págs. 273-587.—Indices del tomo.—1911.

Tomo IV. Núm. 1.—Notas preliminares relativas a un reconocimiento geológico por el curso del Atoyac (Río Verde), Oaxaca, por P. Waitz, págs. 8-32.—Catálogo de los microseismos registrados en la Estación Seismológica Central, durante el año de 1911, págs. 43-85.—1912.

Núm. 2-10.—Memoria de la Comisión que exploró la región Norte del Territorio de la Baja California, págs. 89-[illegible], 112 láminas.—1913.

Tomo V. Núms. 1-3.—Catálogo de los movimientos registrados en las Estaciones Seismológicas de Mérida, Mazatlán, Oaxaca y de los macroseismos sentidos en la República Mexicana, durante el año de 1911, 76 págs.—1913.

Núm. 4.—Análisis hechos en el Laboratorio de Química del Instituto Geológico. Núms. 1-279.—109 págs.—1913.

Núm. 5.—Apuntes acerca de la Hidrología Subterránea del Estado de Coahuila, por el Ing. J. D. Villarello.—Informe relativo al agua solicitada por los vecinos de Pueblito, Querétaro.—Informe sobre el pozo de Yurécuaro, Michoacán, por el Ing. T. Paredes.—34 págs.—1913.

Núms. 6-7-8.—Catálogo de los seismos registrados en la Estación Seismológica Central y en las de Mérida, Zacatecas, Oaxaca y Mazatlán, y de macroseismos sentidos en la República Mexicana, durante el año de 1912.—125 págs.—1914.

Núm. 9.—Rocas Mexicanas, clasificadas al microscopio en el Instituto Geológico, págs. 353-426.—1914.

* Núm. 10.—Las Aguas subterráneas en los Municipios de Acatlán y Jaltepec, Distrito de Tulancingo, Estado de Hidalgo, por el Ing. Vicente Gálvez, págs. 429-475, 15 láminas.—Los recursos de aguas del Valle de Tecalitlán, Estado de Jalisco, por el ingeniero Trinidad Paredes, págs. 477-501.—1916.

ANALES

Núm. 1.—Diatomeas fósiles mexicanas, por Enrique Díaz Lozano.—27 págs. 2 láms.—1917.

Núm. 2.—Las Salinas de México y la industria de la sal común, por José C. Zárate, 1 lám., 71 págs. y 1 carta.—1917.

Núm. 3.—Las aguas subterráneas al E. de la Bahía Magdalena, Baja California.—Hidrología subterránea de los alrededores del pueblo de Tequisquiapan y Hacienda de la Labor, Distrito de Temascaltepec, Estado de México.—Estudio sobre la probabilidad de encontrar aguas subterráneas en el Potrero de la Ciénega, D. F., por el Ingeniero de Minas Vicente Gálvez.—58 págs., 12 láms.—1918.

* Núm. 4.—Análisis de un petróleo crudo del campo del Alamo, por Salvador S. Morales.—Análisis de una Nafta, por A. M. de Ibarrola.—Nota sobre un Corundo de una nueva localidad de México, por Carlos Castro.—Captación de aguas potables en el Mineral de Jacala, por Heriberto Camacho.—47 págs., 3 láms. y un plano.—1917.

Núm. 5.—El Tequesquite del Lago de Texcoco, por el Ing. de Minas Teodoro Flores.—61 págs., 15 láms. y un plano.—1918.

Núm. 6.—Apuntes sobre el Mineral de Puerto de Nieto, Gto., por el Ing. de Minas, Vicente Gálvez.—9 págs. con un croquis.—Breves consideraciones para el estudio de las arcillas que tienen aplicación entre los materiales de construcción, por el Arquitecto Benjamín Orvañanos. 5 págs.

Núm. 7.—Algunos datos sobre las islas mexicanas para contribuir al estudio de sus recursos naturales, por Manuel Muñoz Lumbier, 54 págs. y 9 láms.

Núm. 8.—Las Aguas subterráneas en Tlanalapan, Dto. de Apam, E. de Hgo., por el Ing. H. Camacho. (En prensa.)

FOLLETOS DE DIVULGACION

* Núm. 1—Los temblores de Guatemala, por M. Muñoz Lumbier.

* Núm. 2.—Procedimiento para el cuanteo volumétrico del Manganeso, por el Prof. C. Castro.

* Núm. 3.—Informe que rinde el Jefe de la Sección de Química, acerca de unos minerales de Manganeso, que remitió el Departamento de Minas para que se viera si tenían substancias radio-activas.

*** Agotado.—Out of print.—Epuisé.—Vergriffen.**

